TRATADO PRACTICO DE CAMINOS.

Esta obra es propiedad de su autor, quien perseguirá ante la ley al que la reimprima.

TRATADO PRACTICO

DE

Caminos,

POR

DON JOAQUIN MONTERO,

Ayudante de término del personal facultativo del cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

BIBLIOTECA NACIONAL

MADRID. — 1855.

Establecimiento tipográfico á cargo de D. Manuel Morales y Rodriguez, Colmillo 3, entresuelo.

Materias que contiene esta obra.

PRIMERA PARTE.

INTRODUCCION.

Importancia que se daba á los caminos y privilegios de sus reparadores desde la mas remota antigüedad. Los Godos se cuidaron poco de los caminos. Carlos III será memorable por las muchas obras que emprendió. Buenos deseos de nuestra Reina y del Gobierno para que haya comunicaciones.

ANTE-PROYECTO.

Tanteos con el eclímetro. Mecanismo de este instrumento. Generalidades y prevenciones para trazar un camino en terreno quebrado. Croquis. Conveniencia del plano y perfil para trazar curvas y rasantes. Mejoramientos de las carreteras antiguas por el sábio Cuerpo de Ingenieros civiles. Contribucion personal que se malgasta en caminos vecinales. Los pocos de estos que hay.

TRAZADO DEFINITIVO.

Instrumentos y útiles Ventajas de la brújula. Facilidad del nivel de aguas. Exactitudes del nivel de aire. Métodos para medir. Equivocaciones: provienen las mas veces de cosas insignificantes.

NIVELACION CON NIVEL DE AGUAS.

Miras de tablilla. Nivelacion de un terreno. Aclaraciones para qne no haya errores. Modelos para las nivelaciones. Signos. Método para hallar las diferencias de nivel. Comprobacion de las operaciones.

NIVELACION CON NIVEL DE AIRE EN METROS.

Escalas-miras. Divisiones de las mismas en metros. Rectificaciones de los niveles de aire. Ejemplos que justifican su exactitud. Colocacion del nivel. Modo de nivelarlo. Nivelacion de un terreno. Métodos prácticos para nivelar. Conveniencia de dirijir muchas visuales sin mudar el nivel. Modo de hallar las diferencias parciales y generales. Comprobar estas operaciones.

PLANO.

Descripcion de la brújula. Sencillísimo y fácil modo de tomar los ángulos. Croquis. Libretas. Enfiladas. Mediciones. Visuales á objetos para fijarlos en el plano. Comprobar las operaciones del campo. Trasportacion de los ángulos al papel. Facilidad de esta operacion. Angulos de las enfiladas con su anterior. El por qué se rodea un cerro. Fijar lugares, por intersecciones. Formar el plano. Métodos gráficos para trazar curvas. Id. á ojo.

PERFILES.

Su construccion, con los datos de la nivelacion. Rasantes. Base de los perfiles. Cálculos de los desmontes y terraplenes, y su cubicacion. Perfiles trasversales. Presupuesto. Tabla de pendientes.

SEGUNDA PARTE.

ESPLANACION.—REPLANTEOS.

Marcar con dos surcos el ancho del camino y sus talades. Poner las rasantes. Tangenisas de las líneas rectas y curvas. Radio mínimu. Replanteo de los puentes. Taludes. Perfil trasversal. Puntos de rasantes. Uso de las niveletas.

DESMONTES Y TERRAPLENES.

Puntos para desmontar y terraplenar. Ventajas que resultan poniendo muchos. Método para portear la tierra. Arreglo de los trabajadores. Los materiales, y en particular la tierra, no se moverán mas que una vez. Cuidados del capataz. Que los inspectores manden sin ponerse en ridículo. Estímulo de los trabajadores. Cortes de los desmontes. Desmonte en piedra. Barrenos. Como se hacen. Barrenos debajo del agua. Taludes en general.

MAS SOBRE ESPLANACIONES.

La esplanacion exije prolijidad y método. El movimiento de tierras, cuesta mas que las obras de fábrica. Cunetas. Cunetas de coronacion. Desmonte en ladera que está á mas de 40.° Desprendimientos. Como se contienen. Asiento de los terraplenes para hechar el firme.

FIRMES.

Apertura de la caja. Métodos económicos. Marreadores. Tareas. Buena trabazon del firme. *Capa de arcilla en el firme.* Machaqueo de la capa superior. Espesor del firme. Bombado.

Recebo. Clase de piedra. El rodillo no es tan útil como se cree. Tiempo que necesita un firme para su consolidacion.

CONSERVACION DE LOS CAMINOS.

Buenos resultados cuando se acude con tiempo. Peones camineros. Sus obligaciones. Conservacion permanente. Reparaciones. Recargos. Bacheos. Desembroce. Allanamiento de las roderas. Dimensiones de las piedras. Método para conseguir que no sea incómodo el tránsito. Arbolados. Altitudes sobre el nivel del mar.

ADVERTENCIAS.

Los números mayores de la mira figura 2.ª, entiéndase que deben ser encarnados.

El cero del decímetro natural figura 5.ª, tambien debe ser encarnado.

Los números claros de la escala figura 7, id. id.

La graduacion interior del círculo trasportador, figura 15, id. id.

Algunas dicciones y términos van repetidos porque ha sido necesario hablar de ellos en el proyecto, cálculos y ejecucion de las obras, y otros porque me ha parecido mas sencillo el repetirlos que decir : véase la página tal.

Aunque esta obra es práctica, contiene algunos ordenamientos concertados con la teoría, si bien despojados de fórmulas y frases que no estén al alcance de todo el que sepa leer y escribir, algo de Aritmética y principios de Geometría; con estos conocimientos podrá trazar un camino y construirlo todo el que se dedique á ello, llevando al campo este libro al lado de los instrumentos.

En el teorema del arreglo de los niveles, mecanismo del Eclímetro y Brújula, nivelaciones y trasportacion de los ángulos, nos hemos estendido en pormenores de circunstancias menudas y particulares á fin de que á fuerza de esplicacion se venga en conocimiento del manejo práctico de estos instrumentos, y puedan los que lean este libro, ponerse al corriente para practicar una nivelacion y levantar un plano.

COINCIDENCIA.

Esta obra se principió á redactar sin tener noticia de la que estaba confeccionando el Sr. Ingeniero Gefe D. Pedro Celestino Espinosa, y cuando tuvimos noticia de que dicho Sr. se ocupaba en la redaccion de un Manual de Caminos, y teniendo en cuenta que de la suficiencia del referido Sr. Espinosa debia salir un libro mas apto que el que nosotros pudiéramos dar, abandonamos nuestro proyec-

to. Salió á luz y vino á nuestro poder el referido Manual y en efecto no nos equivocamos, es lo mejor que en su clase se ha escrito en España, su autor ha reunido todo lo concerniente al ramo de caminos, ha extractado las memorias de los Anales de puentes y calzadas de Francia y otras muchas obras estrangeras, y ademas ha tenido presente los apuntes recogidos de las obras que dicho Sr. Espinosa ha dirigido y los de otros Ingenieros Españoles. No obstante, conociendo la sublimidad de la obra del Sr. Ingeniero Gefe, y considerando la materialidad de la nuestra, nos violentaba la idea de si nuestro libro podria pasar por lo práctico *como un suplemento al del Sr. Espinosa. Asi las cosas, cuando en la Revista de obras públicas de 1.° de Junio de este año, salió un párrafo* puesto por los redactores de la misma, *en el que despues de recomendar (con justicia) el citado Manual á todos en general y especialmente á los individuos del cuerpo auxiliar de Ingenieros y á los que deseen ingresar en él, que dice así. »Desearíamos que como complemento de la instruccion que corresponde á esta clase, se publicase un Manual de construccion* SENCILLO Y ESENCIALMENTE PRACTICO, *y nos atreveriamos á escitar el celo de los Ingenieros y personas competentes para que procuren este servicio á nuestro pais, como asi mismo reclamamos la proteccion y recompensa por parte del Gobierno.»*

Lo esencialmente práctico nos hizo decidirnos á dar al público nuestro trabajo. Bien conocemos la materialidad del sonido de nuestras palabras y nuestra poca agudeza para espresarnos, pero hemos escrito con esa popularidad á fin de que esta obra esté al alcance de medianos conocimientos y de la generalidad de las personas, animándonos á ello la idea de que los que sepan mas serán indulgentes y los que no agradecidos, ya que no al mérito de la obra al menos al buen deseo que nos ha conducido.

INTRODUCCION.

Aunque el orígen de los caminos se envuelve en la oscuridad de los tiempos, es natural creer y puede muy bien asegurarse que data de las mas remotas edades del mundo, y que á medida que el comercio se estendia de unos paises á otros y las naciones entraban en la senda de la civilizacion, fueron progresivamente aumentándose y adquiriendo mayor grado de perfeccion. La historia de Grecia y Roma prueban evidentemente esta creencia. Estos dos grandes pueblos daban tanta importancia á los caminos que para eternizar la memoria de los Cónsules ó Pretores bajo cuyos auspicios se concluia alguna via, la bautizaban con su mismo nombre llegando además en su idolatría á reconocer Dioses tutelares de los caminos.

Era tal la importancia que se daba en Grecia á las vias públicas, que el Senado de Atenas se reservaba la Superintendencia. Lacedemonia, Thebas y otras ciudades, la confiaban á los principales del Estado que tenian á sus órdenes un proporcionado número de Ayudantes. Las obras de los caminos de los griegos, no correspondieron en la ejecucion á tan alhagüeñas prerogativas:

no se hallan fragmentos que certifiquen de su solidéz: lo mismo sucede con las de los cartagineses. No asi los de los romanos cuya grandeza se manifiesta en todas sus obras y muy particularmente en las de sus caminos, á juzgar por la historia y por los restos que de ellos se conservan á pesar del tiempo y la devastacion de los conquistadores.

Augusto para conquistar los pueblos del Valle de Aouste, hizo construir caminos de montaña cuyas líneas se prolongaron despues hasta Lion, pasando la mas ancha por la Tarantesa, cuyos habitantes se llamaban Centiones, y la mas estrecha por el monte Apenino que hace parte de los Alpes. El pueblo romano levantó á su gloria un arco de triunfo en el punto mas culminante de los Alpes entre los montes grande y pequeño, llamados hoy de San Bernardo, donde veinte siglos despues mandó Bonaparte construir nuevos caminos superiores á los de los romanos.

Agripa, yerno de Augusto, hizo construir tambien muchos caminos; entre ellos deben mencionarse cuatro que partian de Lion y se dirigian á las estremidades de las provincias Gálicas; uno por las montañas de la Aubernia, hasta el interior de la Aquitania; otro á lo largo del Rhin hasta el Océano; otro al traves de la Borgoña, la Champaña y Picardia, hasta el Océano occidental, y otro por la Galia Narvonense hasta la ribora de Marsella, de los cuales aun subsisten algunos trozos desafiando á los siglos para perenne gloria de sus autores.

Los censores fueron los primeros magistrados que cuidaron de estas obras. La via Apia la hizo construir Apius, llamado el ciego, y del mismo modo las vias Claudias y Casiana tomaron el nombre de los censores bajo cuya administracion se ejecutaron. Despues pasó á los Cónsules esta parte de gobierno, y era uno de los principales privilegios de su empleo. Las vias Flaminia y Emilia, se emprendieron bajo la direccion de Flaminius y Lepidus cónsules.

Mas adelante se crearon comisarios con el nombre de *curatores viarum*. Julio César fué el primero á quien se honró con este

título: era dignidad esta que no se daba á hombres comunes, y cargo tan honroso que Plinio el jóven, se llenó de gozo al saber que Cornatus Tertullius, su amigo, habia sido nombrado curador de la via Emilia. Los honores que se dispensaban á los conservadores de los caminos bastaban á inmortalizar sus nombres. A César Augusto se le levantaron dos arcos de triunfo, el uno en Roma sobre su puente Antides y el otro en Rímini por haber reparado la via Flaminia. Vespasiano y Trajano merecieron tambien estos mismos honores. Y no era ciertamente á los vencedores del mundo á quien se consagraban estos arcos de triunfo, sino á los reparadores de los caminos, y si no temiéramos ser demasiado prolijos, citaríamos otros muchos nombres de varones esclarecidos de la antigüedad, que entendieron en la inspeccion, direccion y administracion de las vias públicas.

El centro de los caminos del imperio, era una columna miliar que se llamaba *Miliarum aureum* colocada en medio de Roma, y su enlace estaba dispuesto de tal modo, que se podia ir á Meilan, á Aquilea, salir de la Italia, atravesar la Esclavonia, llegar á Constantinopla, recorrer la Natalia, la Suria, Antioquia, la Fenicia, Palestina, Egipto, Alejandría hasta Cártago.

El imperio romano fué abrumado por el peso de su grandeza y de aqui la decadencia de sus caminos. El pueblo conquistador no se goza sino en las ruinas.

En España los Godos no se cuidaron mucho de las obras públicas, mirando hasta con indiferencia las de los caminos; en aquellos tiempos solo la profesion de las armas absorvia la atencion de los españoles; así que puede decirse que por espacio de siete siglos estuvieron abandonados los caminos. La casa de Austria con el descubrimiento de las Américas, espulsion de los sarracenos y sus guerras de sucesion, tampoco se cuidó mucho de tan importante ramo: así que á la conclusion del reinado del pusilánime Cárlos II, costaba 16 reales el porte de una fanega de trigo desde Palencia á la costa de Cantabria, razon por la cual (segun Jovellanos,) los

habitantes del principado de Asturias se abastecian del estrangero.

Una aurora mas feliz apareció con la casa de los Borbones. El reinado de Cárlos III será siempre notable en nuestra historia por las muchas y grandiosas obras que en él se ejecutaron, y en particular las carreteras de Madrid á Valencia, Andalucia, Galicia y Santander por Búrgos, en las cuales si bien se notan algunos defectos por la falta de hábiles ingenieros, (segun mas adelante diremos) resalta sin embargo la esplendidez de tan memorable reinado. No sucedió lo mismo en los de Cárlos IV y Fernando VII cuya duracion ha sido una série no interrumpida de guerras intestinas, que continuadas con mayor encarnizamiento en el de nuestra actual soberana, han impedido por espacio de medio siglo el desarrollo de la riqueza pública. Afortunadamente parece que, cansados ya los partidos de luchas estériles, ha sonado la hora de que nuestra España salga de la postracion en que yace y emprenda por fin con paso firme la marcha magestuosa en el camino de las mejoras materiales. No es ahora solo un Rey, no es un Gobierno solo, sino que la Nacion entera ha comprendido al fin que para alcanzar consideracion y riqueza es preciso quebrantar el yugo de la inercia. Asi que en la cuestion de *Ferro-carriles* los pueblos se apartan de antiguas preocupaciones, admitiendo con entusiasmo tan benéfica innovacion. Si como es de esperar del patriotismo de las Córtes constituyentes y del Gobierno se aprovechan tan buenas disposiciones dentro de pocos años España se elevará al nivel de los pueblos mas civilizados de Europa.

Cuando nuestro suelo se halle cruzado de *Ferro-carriles, carreteras y caminos vecinales* que faciliten el trasporte de los varios artículos de nuestra inmensa riqueza territorial; cuando la industria y el comercio puedan llevar los suyos á la aldea mas recóndita, entonces España será mas grande, poderosa y feliz que cuando se llamaba Señora de dos mundos. Estudien sino el cambio feliz que se ha operado en las naciones que nos han precedido en esta senda civilizadora y se hallará la esactitud de nuestra asercion. La

Francia ademas de las vias-férreas tiene la mayor parte de su superficie cruzadas de canales y caminos, manantial fecundo de su creciente prosperidad. Los Estados-Unidos, nacion mas moderna y de las mas florecientes del globo, con su territorio abierto en todas direcciones, ofrece al viajero la mas breve y cómoda traslacion, y al comercio y á la industria la esportacion mas fácil y económica. En una palabra, estúdiese la actual situacion de todas las naciones y se hallará que los grados de su bienestar se marcan en el termómetro de sus caminos. Dice el Abate Raynal, viájese donde se quiera, y donde no se hallen comunicaciones fáciles, de la ciudad á la villa y de esta á la aldea, se puede asegurar que aquel pueblo es *bárbaro*, sin riesgo de equivocarse mas que en el grado de su barbarie: porque es indudable, que así como en el cuerpo humano no puede darse el estado de salubridad sin que la sangre circule libremente por las venas, asi tampoco puede desenvolverse el gérmen de prosperidad en las naciones, sin que sus individuos se pongan en contacto para prestarse recíproco apoyo.

Ahora pues, que como hemos dicho el Gobierno y la Nacion entera estan dispuestos á emprender esas grandes líneas de Ferrocarriles, deber es de todos el cooperar á su pronta realizacion, y muy particularmente de las Diputaciones provinciales y de los ayuntamientos el procurar que estas grandes venas de la riqueza pública lleven á todas partes la vida y la animacion de que tanto han menester los pueblos del interior, (1) emprendiendo con actividad la construccion de caminos vecinales que, enlazados entre sí, vengan á confluir en los puntos mas convenientes de aquellos. Sin caminos provinciales son inútiles las vias-férreas: así decia el Sr. D. Juan Alvarez y Mendizabal en 15 de Octubre de 1852, en su alocucion al pais.

Deseosos de contribuir con nuestras débiles fuerzas á un ob-

(1) Aun existen Provincias en que cuesta 15 reales el porte de una fanega de trigo á la distancia de 16 leguas, y aun mas en tiempo de lluvias, y esto sucede en país no muy escabroso como lo es Estremadura.

jeto de tan inmensa importancia, nos hemos propuesto arrostrar la crítica de los científicos y literatos por nuestra mala diccion, publicando este Manual, á lo cual solo nos ha impelido nuestro buen deseo de trasmitir á las corporaciones municipales y á los empleados del ramo los conocimientos que en él hemos adquirido á costa de una larga esperiencia en mas de veinte años de continua práctica; á aquellas para que como administradores é inspectores de los caminos vecinales, rurales, etc. puedan utilizar con provecho los brazos que se emplean en las prestaciones personales y trabajos que se ejecutan con caudales, y á los segundos para que los dirijan con acierto. En él representaremos los métodos mas útiles y económicos, manifestando las ideas sobre acertadísima práctica para los trabajos de los caminos en general y para que los que se hagan por prestacion vecinal produzcan mejores resultados que los que se han hecho hasta el dia. Finalmente, procuraremos hacer conocer por medio de sencillas instrucciones la facilidad en la aplicacion al arte de *trazar los caminos, ejecutarlos, conservarlos y mejorarlos.*

TRAZADO DE LOS CAMINOS EN GENERAL.

Anteproyecto.

Para conseguir un buen proyecto de camino, sea de la clase que quiera, es indispensable practicar antes los reconocimientos necesarios, tantear las pendientes con un Eclímetro, (fig. 3.ª) cuyo mecanismo y manejo esplicaremos despues, y si en los tanteos que se hagan para subir ó bajar entre dos puntos, se hallan dificultades, esto es, que la pendiente es fuerte y que pasa de un cinco por ciento, se alargará la distancia faldeando la ladera, aprovechando las encañadas y estrivaciones parciales, desarrollando linea, ó partiendo si es posible desde un punto mas distante, ó en último resultado y cuando absolutamente no haya otro remedio, se trazará algun zik-zak, estos se deben evitar aunque sea rodeando una estrivacion, ó metiendose en una ó mas encañadas, pues el desarrollo de distancia es mejor por otro cualquiera método que por el de zik-zak, teniendo cuidado de no perder base, ó lo que es lo mismo, si se vá subiendo, de no marchar por ningun trozo bajando ni aun horizontal hasta llegar á la cúspide del perfil longitudinal, que por lo general siempre es por el punto mas bajo en el perfil trasversal (despues diremos lo que es perfil longitudinal y trasversal). Téngase presente lo de: *Donde has de bajar no subas, y donde has de subir no bajes.*

Hemos dicho que los tanteos de pendientes, se hacen mas

cómodamente con un Eclímetro, (fig. 3.ª) porque con este instrumento no se necesita medir, y por su buena comprension, así como porque tambien su adquisicion es de poco coste, pudiendolo hacer fácilmente un carpintero, esplicaremos el mecanismo de su construccion: se prepara un liston de madera fuerte de 2,5 pies de largo, 0,2 de ancho, y 0,05 de grueso, este liston se supone dividido en 25 partes; en cada uno de los estremos se coloca una pínula *p* de 0,3 de pie de alto que esten perfectamente perpendiculares para que formen ángulo recto con el liston, achaflanadas por la parte interior, y en una de las pínulas se introducirá una corredera de bronce (fig. 3'.ª) graduada y con divisiones de 0,025 de pie y dispuesta de modo que suba y baje por una moldura de la pínula; cuando está introducida toda, la visual que se dirige por las pínulas *p p* será horizontal, esto es, teniendo en cuenta que el Eclímetro lo esté, lo que se conseguirá con el auxilio de un nivelito de aire que se coloca en el centro del instrumento en *a*.

Cada una de las divisiones que se han hecho en la corredera, es un cien avos del liston, porque como la longitud del instrumento son 25 décimas, y las divisiones de la corredera son la cuarta parte de cada una de dichas 25 décimas, resulta que será: $\frac{1}{25} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{100}$, ó lo que es lo mismo 0,01, por manera que subiendo una division, nos dará uno por ciento de inclinacion; si se sube dos, nos dará $\frac{2}{100}$ ó sea $\frac{1}{50}$; si se sube tres, tendrémos un tres por ciento ó sea $\frac{1}{33\frac{1}{3}}$; si se sube cuatro, dará la rasante de $\frac{4}{100}$ ó de $\frac{1}{25}$, que es la division que nos ha servido de base, y así sucesivamente se subirá y bajará segun lo requiera la naturaleza del terreno. Si la pendiente es forzada, se pondrá al límite de dicha pendiente; este debe ser de $\frac{1}{20}$, y asi despues de puesto á nivel el Eclímetro y la graduacion de la pínula corredera al 5 por ciento, se pone una mira á la altura de las pínulas, se hace que un hombre marche con dicha mira y la coloque en

un punto donde coincida con la visual, y donde esto se verifique, estará la pendiente que se haya marcado.

Hemos hecho mérito del Eclímetro de madera por su fácil adquisicion, sin perjuicio de que se usen cuando se puedan adquirir, bien el llamado nivel de pendientes de arco vertical graduado ó bien el Eclímetro, que es de bronce, llamado nivel de *Chidzy*; este tiene la graduacion de un modo análogo al que acabamos de referir, y por decontado su uso es tambien semejante al que hemos demostrado. En cuanto al Eclímetro de arco vertical graduado tambien es muy útil para hacer los tanteos convenientes teniendo en cuenta que con este instrumento hay que hallar las pendientes por los grados de inclinacion, cuya tabla hemos colocado al final de la primera parte de este libro.

Cuando se practiquen operaciones con el Eclímetro graduado al tanto por ciento, se escribirá en la libreta: Sube al..... y si es bajando, se pondrá baja al....: cuando se emplea el Eclímetro de grados, se anotan estos en la libreta con el signo + si es subiendo, ó con el signo—si es bajando, segun la marcha que se lleve.

Supongamos que se van haciendo tanteos de pendientes con un Eclímetro de arco graduado, y que queremos tantear al límite máximo de la inclinacion que se dá á los caminos, que es la de 0,05 (que en la tabla corresponde 2° 51′ 40″.) Se fijará esta inclinacion, más como en la graduacion no es fácil apreciar los minutos, y mucho menos los segundos, por esta razon nunca salen estas pendientes tan exactas como con el nivel de aire, del que hablaremos despues, por ello, y teniendo en cuenta que la rasante no quede forzada, se suele poner á dos grados y medio ó á dos grados y 45 minutos, que es lo que se puede apreciar entre dos y tres grados.

BIBLIOTECA NACIONAL

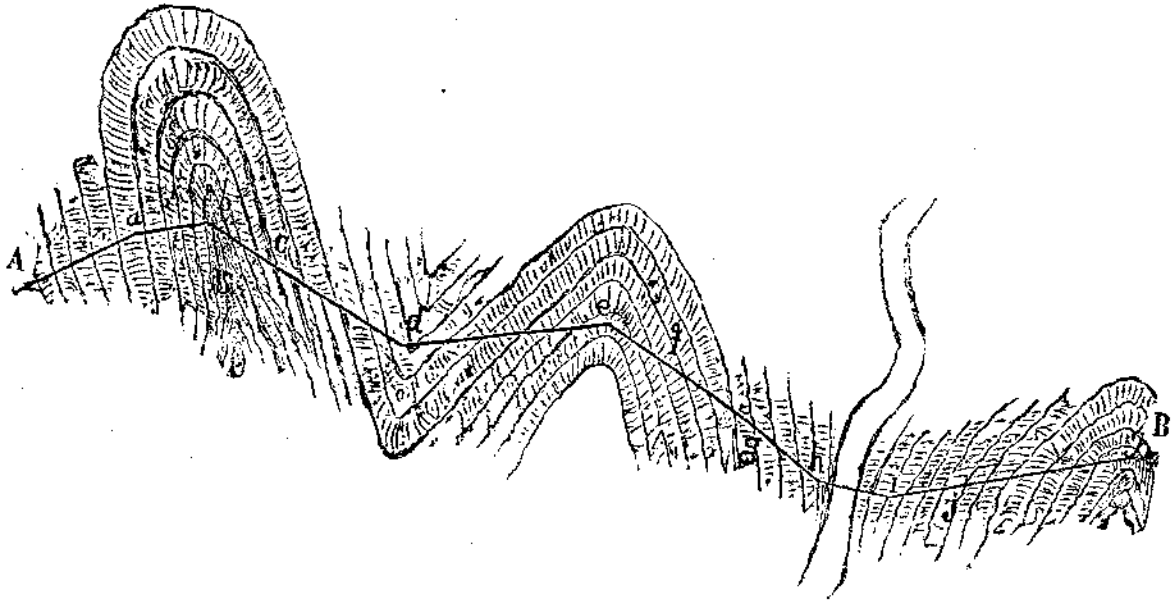
Sigamos ahora con nuestro Eclímetro. Escusado nos parece decir que cuando se va bajando, se dirigen las visuales por la corredera y la pínula opuesta, y vice-versa cuando se va subiendo; tampoco nos detendrémos en esplicar el modo de colocar el ins-

trumento y el ponerlo horizontal por medio de una charnela que se le pone en uno de sus brazos, porque todo ello lo enseña la práctica: cualquiera persona que emprenda estas operaciones y las haga con interés y resolucion, sacará buenos resultados; y aun cuando al principio le parezca difícil, no debe desmayar, teniendo presente que son muy pocos los que por primera vez obtienen trabajos satisfactorios.

Supongamos que el Eclímetro nos ha llevado por los puntos A *a b c d e f g h i j* B (figura 12) y en cuyos puntos se habrán dejado señales, y además se debe levantar un croquis á ojo, segun el modelo adjunto núm. 1.°, siempre que el proyecto que se va á hacer sea para un camino ordinario, porque si es para un ferro-carril, se practicará lo que se llama un seguimiento de Brújula, con el objeto de llevarse la configuracion del terreno para poder trazar las curvas con un rádio conocido y admitido científicamente en el trazado de ferro-carriles, para despues pasar á hacer el proyecto definitivo, en cuyos pormenores no nos detenemos por no considerarlo á propósito para nuestro tratado, en el que solo nos hemos propuesto esplicar lo que creemos conducente á caminos ordinarios.

Fijados los puntos segun se vé en el croquis, el cual nos demuestra que desde *A* á *S* no se ha podido subir, es decir, que la rasante pasa del límite, por cuya razon se ha rodeado por *a b c*, aunque tambien se podria pasar por *S* é ir en línea recta hasta *d* haciendo un desmonte de cuarenta ó mas pies en *S*, consideramos que esas grandes obras se deben evitar en todas las de caminos y particularmente en los vecinales.

CROQUIS NUM. 1.°



A pesar de que hemos esplicado el manejo del Eclímetro para averiguar si las pendientes son admisibles, no por eso queremos manifestar que este instrumento sea el indispensable para estas operaciones, ni tampoco el mas exacto, nosotros lo hemos recomendado por su fácil adquisicion y porque para hacer tanteos antes de proceder al proyecto definitivo, es el instrumento mas á propósito, porque como no se necesita medir se adelanta mucho mas, pero repetimos que no es el único, con un nivel de agua se pueden hacer tambien estos tanteos practicando medidas y nivelaciones, y teniendo la altura y la distancia entre dos puntos dados, se divide la primera por la segunda y resultará la pendiente, se observará si esta es admisible, esto es, si no pasa de un cinco por ciento, y si escede se alargará la distancia, segun tenemos dicho.

Daremos un ejemplo respecto de la division del desnivel por la distancia: supongamos que hemos practicado una nivelacion entre los puntos *A* y *b* (fig. 12) cuya distancia es de 200 pies, y el desnivel es de 10, si se queire espresar la pendiente en forma de quebrado, se dividirá así $\frac{10}{200} = \frac{1}{20}$ de donde se observa que con quitar un cero al dividendo y otro al divisor queda hecha la operacion, es decir, que el trozo de *A* á *b* sube uno por veinte; ahora supongamos los mismos números y que la pendiente la queremos espresar por decimales, en este caso, dividiremos 10 entre 200, mas como el dividendo es menor que el divisor, añadiremos dos ceros al 10 y serán $\frac{1000}{200} = 0{,}05$ y tendrémos que la inclinacion es cero enteros y cero decimas, y cinco céntimas, ó lo que es lo mismo, que sube á un cinco por ciento ó á uno por veinte, que es exactamente lo mismo que sacamos por el otro método. Queda pues demostrado que para averiguar la pendiente ó inclinacion que hay entre dos puntos, se divide siempre el desnivel ó altura por la línea, es decir, que el divisor será siempre la línea, y por decontado el dividendo será siempre la altura.

Para el trazado de un camino, además de lo dicho se tendran

en cuenta las prevenciones siguientes: (entiéndase en terrenos desiguales) *desarrollar las distancias; escapar de los desmontes y terraplenes; no ofuscarse con las líneas rectas y cortas;* los que se empeñen en tirar líneas rectas y acortar distancias, aumentan estraordinariamente los gastos, y hacen que las pendientes sean fuertes. A toda obra de caminos debe preceder plano y perfil para sujetar su direccion, y trazar las rasantes, hacer los cálculos de desmontes, terraplenes y obras de fábrica. Todas estas operaciones se hacen muy bien sobre el papel, mientras que en el campo serian casi imposibles; es necesario pues, hacer tanteos con el nivel de aguas en las encañadas para escapar cuanto se pueda de las obras de fábrica y en tal concepto, lo mas seguro es levantar croquises bien acotados porque como las obras de fábrica hacen subir los presupuestos, se procurará siempre, que sean de la menor altura posible, lo que se conseguirá repitiendo los tanteos.

Grandes é inmensas cantidades se han malgastado en obras de caminos por no haberse tenido en cuenta los desniveles para la regularizacion de las pendientes. En la carretera de Vigo á la Coruña, construida á principios de este siglo, se encuentra la cuesta del Viso, entre Pontevedra y Redondela, cuyas obras son de un lujo estraordinario, murallones de silleria fina, pretiles de lo mismo y de una sola pieza en alto y grueso, y de diez y doce pies de largo cada una, todo labrado con esmero. El coste de una legua escasa ascendió (segun el Sr. Acuña) á dos millones de reales, esto es, cinco veecs mas de lo que debia costar y todo ¿para qué? para que en el dia esté intransitable por sus pendientes de un once y doce por ciento, y porque su pavimento es de piedras enormes descarnadas y desiguales, que hacen un piso tan incómodo y trabajoso que casi es imposible atravesarla á caballo. De manera que el lujo de este camino está en lo que menos importa; un camino se construye para pasar por él, y no para que se admire la labra de la piedra de sus muros, todo el esmero en una via se debe poner, 1.° en su solidez; 2.° en la comodidad de sus pendientes, y

3.° en que su pavimento sea suave, flecsible y firme, sin polvo en tiempo seco, ni lodo en tiempo de lluvias. Cuando hablemos de los firmes se manifestarán los métodos para conseguir de lleno el 3.° de los requisitos que hemos apuntado, ahora diremos, que son muchos los casos que como en el trozo mencionado podriamos todavía citar de otras carreteras antiguas en las cuales se malgastaron sumas enormes por la misma causa.

Si en el reinado del gran Cárlos III hubiera habido en España un Cuerpo de Ingenieros de caminos, como el que tenemos en el dia, otra suerte seria la de la Nacion con respecto á obras públicas, es decir, que si los fondos que se invirtieron en carreteras, se hubieran empleado con los conocimientos que en el dia se poseen, se hubiera sacado muchísimo mas partido; no se hubieran malgastado tantos caudales y no tendríamos que contemplar con dolor la poca inteligencia y conocimiento con que entonces se ejecutaba el trazado de los caminos. Hemos dicho con dolor, porque efectivamente se ven trozos de carreteras cuya ejecucion debe haber costado mucho mas que doble, y aun cuadruplo de lo que debia costar, llevándola por otro trayecto mucho mas ventajoso en ambos sentidos *económico* y *útil*.

El trozo de camino en Galicia que hemos citado, no corresponde á carretera general; de estas podríamos mencionar muchas que tienen defectos muy remarcables en sus trazados y egecucion como son: las enormes cuestas de la del Escudo y Mazorra, en la carretera de Búrgos; la de Cañeda en la de Reinosa á Santander; la de Piedrafita y Manzanar en la de Galicia; la de Jubera en la de Aragon; la del Espino en la línea de Andalucía; la del Bruch en la de Barcelona y otras muchas de las que nos abstenemos de hablar por no ser difusos.

La Direccion general de Obras públicas, por medio de su celoso y entendido cuerpo de Ingenieros de caminos, canales y puertos, tiene noticia de todos los defectos de nuestras carreteras y tambien de los medios que deben emplearse para corregirlos en

lo posible, lo cual se vá verificando en proporcion que los fondos lo permiten.

Ahora bien, si esto ha sucedido con los caminos de primer órden ¿qué diremos de los vecinales? En estos no solo se ha perdido el tiempo y el dinero, sino que cuanto en ellos se ha hecho ha sido perjudicial; daremos la razon: en los primeros, si bien no se ha conseguido el objeto principal, se ha dado de comer á pobres jornaleros y bien ó mal se transita por ellos, pero en los segundos se han robado á la agricultura cincuenta y dos dias al año por cada vecino de los que con arreglo á la ley han concurrido á la «*sexta-férias*», que así se denominan estas clases de trabajos en las provincias del Norte particularmente en Asturias, ó sea el servicio exigido para la conservacion y mejora de los caminos, y como este trabajo debe ser gratuito, resulta que además de lo dicho, la mayor parte de estos pobres jornaleros se quedan sin comer el dia que les toca pagar esta contribucion personal; esto en cuanto á las prestaciones en que no interviene dinero, pero en cuanto á lo que se ha malgastado de fondos peculiares que han reunido los ayuntamientos, juntas y corporaciones, es lamentable y en estremo doloroso. No hacemos mencion de los trozos de caminos vecinales construidos por los métodos adoptados hasta el dia, porque seria nunca acabar, y porque si tuviéramos que enumerar todos y cada uno de los mencionados trozos de caminos vecinales que se observan enteramente obstruidos en todas las provincias de España, particularmente los que se singularizan por su mala construccion, veriamos que ellos mismos están diciendo: *aquí ha puesto su mano el hombre para hacerme intransitable*, ó á lo menos para dificultar el paso y hacerle incómodo. Por último, si se registran los boletines oficiales de las provincias, se verán centenares de miles de varas lineales de caminos vecinales construidos y reparados, y se hallarán tambien cientos de leguas de dichos caminos que solo existen en el papel y en la mente (tal vez de buena fé) del que las mandó poner, pero lo que es en el terreno, nada hay.

Cuando toquemos los métodos de los trabajos materiales, haremos ver mas palpablemente lo que se malgasta en esta clase de obras por falta de inteligencia, por ahora nos limitaremos al trazado, el cual se ejecuta de la manera siguiente.

TRAZADO DEFINITIVO.

INSTRUMENTOS MAS Á PROPÓSITO.

Para el trazado definitivo se necesitan una Brújula, un nivel, una cadena, diez agujas, dos miras, una cartera para los papeles, una azada, jalones y piquetes, y de seis á ocho hombres. Suponiendo que los que practiquen estos trazados deben saber lo que es Brújula, nivel etc , no nos detendrémos en dar pormenores sobre dichos instrumentos; sin embargo, diremos que la Brújula y el nivel de agua son los dos mas á propósito , de mas fácil inteligencia y menos espuestos á errores para el trazado de caminos ordinarios; aunque el Teodolito es un instrumento mucho mas superior que la Brújula para tomar los ángulos, (porque los dá hasta de 10 en 10 segundos, y en la Brújula lo mas que se pueden apreciar es de quince en quince minutos), es no obstante mucho mas sencilla y menos espuesta á errores, el Teodolito exige fijar una base mirando con un anteojo ausiliar á un objeto fijo, y despues para tomar el ángulo de la enfilada cuyo proyecto se vá practicando,

hay que dirigir visuales á la anterior; esta operacion hay que practicarla en tantas cuantas veces se mude el instrumento, de lo que se infiere que es mas fácil equivocarse; la Brújula es un instrumento (figura 10) que lleva la base establecida naturalmente, por cuyo motivo se escusan todos aquellos cuidados, y el ingeniero ó facultativo encargado no tiene que hacer mas que observar el número que marca la aguja imantada en el círculo graduado desde cero á 359 grados, y escribirlo en la libreta, cuyos números le darán despues todos los ángulos trasladándolos al papel; y refiriéndolos á una meridiana, que podrá ser la misma que marca la aguja, que en nuestra península es siempre de 20 á 24 gr. al O. del Norte del mundo. La circunferencia está dividida en 360 partes que se llaman grados, pero como es un círculo que concluye donde principia, por esta razon es mas sencillo el poner o gr. en lugar de 360 gr., y por esto decimos que está numerado el círculo desde cero á 359 gr. Para la exactitud del trazado y traslacion al papel, no se necesita saber cuantos gr. declina al O. porque como es una línea que sirve de base, y todos los ángulos se refieren á ella, lo mismo dá que su declinacion sea de 20° que de 30.° que de nada, y así suponemos que cuando la aguja marca 0° en la division del limbo de la Brújula, que está al Norte, y la opuesta al Sur, esta marcará 180° cuya línea de 0° á 180° la llamaremos *Norte magnético ó Norte Sur=N. S.*

Ademas de lo dicho, hay que tener presente, que para el trazado de caminos ordinarios, no se necesita la proligidad de un Teodolito, medio grado mas ó menos no influye nada, y cuando una Brújula tiene el valor de 300 reales, un Teodolito cuesta 6.000.

Para el trazado de un ferro-carril, prefeririamos el Teodolito á la Brújula; para las curvas de rádio conocido como son siempre las de los ferro-carriles, tambien se puede hacer uso del sestante de bolsillo, en terreno escabroso es muy útil dicho instrumento, y con él se trazaron las curvas del ferro-carril de Alar á Santander,

dividiéndolas en polígonos de cien pies de lado, comprobándolas despues con el Teodolito de Trouhgtow, que es el que cuesta 6.000 reales, y es de los mejores que se conocen, si se esceptúa el de Gambey. Mas dejando á un lado esta clase de instrumentos y estos nombres técnicos demasiado sublimes para nuesto Manual, diremos únicamente que hemos establecido la comparacion de la Brújula con un instrumento de los mas superiores que se conocen para el trazado de los ángulos, con el objeto de no detenernos en detalles sobre los demás, como son: Plancheta, Goniómetro, Grafómetro etc.: queda pues sentado que la Brújula, para el levantamiento de planos de los caminos, es el instrumento mas útil y económico. Cuando hablemos del modo de levantar el plano, nos estenderemos mas en el manejo de la *Brújula.*

El nivel de agua para las nivelaciones, se halla en el mismo caso que la Brújula para los arrumbamientos, esto es, que establece la base por sí mismo y no necesita mas ciencia que saber mirar por la superficie del agua que en él se hecha y que sale por los dos tubos de cristal *a b* (fig.ª 1.ª) no obstante, cuando las pendientes sean forzadas y cuando se hagan proyectos que por sus circunstancias exijan mucha proligidad y mucha exactitud deberán fijarse aquellas y hacerse estos con el nivel de aire. Este instrumento ha llegado á construirse con tanta perfeccion como se podia desear, y sabiendolo manejar, dá unos resultados muy exactos, mas á pesar de lo apasionado que confesamos estar por dicho instrumento, debemos decir, que para el trazado de caminos es bastante el nivel de agua, esceptuando algunos casos en que, como hemos dicho, no se halla entre dos puntos dados, desarrollo para suavizar la pendiente y estando ésta al límite, esto es, á un cinco por ciento, hay que ser muy exactos en fijar las rasantes cuyos estremos se podrán poner con el nivel de aire y practicar las nivelaciones intermedias con el de aguas; en los sitios que no se hallen en este caso, basta el de agua, evitando emplear instrumentos esmerados en operaciones que no lo exigen; un Eclíme-

tro de madera, unas estacas y una cadena, es lo muy bastante para trazar un camino sea de la clase que quiera, no siendo ferrocarril.

Continuando nuestro proyecto diremos, que una cadena que todos conocen servirá para hacer la medida, escogiendo para manejarla dos peones de los mas inteligentes, especialmente debe serlo el que vá detras, porque tiene que llevar el cuidado de enfilar á su compañero con la banderola ó mira, con el objeto de hacer la medida en línea recta; el delantero llevará las diez agujas que irá clavando una por una á la conclusion de cada cadena, la cual recogerá el de atrás, y cuando las enfiladas son largas y hay que clavar las diez agujas, volverlas á coger, y volverlas á clavar etc., tendrá mucho cuidado de no equivocarse la última ó la primera de las diez y para que esto no suceda, el peon delantero no las pedirá al compañero hasta que tenga tendida en el suelo la primera cadena de la decena siguiente, esto es, que despues de que se quede sin ninguna aguja en la mano, seguirá aun hasta que el de atrás lo sujete, en cuyo caso avisará á su compañero con la voz del número de decenas de cadenas que llevan, diciendo: *una, dos, tres*, etc., repitiendo esta misma voz oi de adelante, el cual apuntará en la libreta un 10 por cada vez que se remuden las diez agujas, uno y otro peon andarán hasta el centro de la cadena que han dejado tendida, y el de atrás despues de contar una por una las diez agujas se las entregará al de adelante, y se volverán cada uno á su puesto, y al momento el delantero clavará una aguja y volverá á continuar su marcha. El objeto de contar las cadenadas en alta voz es, el de que puedan oirlo todos, y particularmente el Director ó encargado de la operacion, para deshacer en el acto cualquiera equivocacion; y el de recontar las agujas cada decena es á fin de que si se pierde una de estas, conocer al momento en que distancia está la falta de la cadena. *Por lo general, los errores que suelen cometer las mas de las veces provienen de un caso insignificante*, tanto en las medidas, como en

las demás operaciones; por ejemplo: algunas veces ha sucedido que por la pereza de no contar las agujas se ha hechado una de menos al tiempo de parar á comer y como la medida se ha considerado equivalente á las diez agujas resultaba por consiguiente un error y como no se sabe en que estacion se perdió la aguja no hubo mas remedio que perder todo el trabajo practicado en el dia; esto ademas de la pérdida es muy fastidioso, é incomoda mucho. En cuanto á las nivelaciones hay que egecutarlas muy bien, como llevamos dicho, es lo mas esencial del trazado de un camino.

Hemos dicho antes, que para caminos ordinarios es muy bastante el nivel de agua; daremos dos instrucciones para practicar nivelaciones, una con dicho nivel de agua, miras de tablilla, y en pies castellanos y otra con nivel de aire y anteojo, con escalas-miras y en metros.

Nivelacion con nivel de agua, miras de tablilla

Y EN PIES CASTELLANOS.

Cada una de estas miras, es un liston de madera (fig. 2.ª) de doce pies de largo y 0,3 pies de ancho, dividido desde abajo arriba en pies, décimas, y centésimas de pie, y una tablilla de un pie de ancho y 0,8 de alto, pintada de blanco y negro, la union de estos dos colores ha de ser exactamente por el centro y en sentido horizontal, segun se señala en la figura 2.ª; el grueso del liston ó mira podrá ser de media pulgada, con una ranura ó canaleta en sus dos cantos para que adaptada á una moldura que se hace por

la parte trasera de la tablilla suba y baje con facilidad por medio de una pequeña polea que se fijará en la parte superior de la mira y en su centro, y á cierta altura de dicha mira se clava una virola ó boton de bronce para asegurar con dos ó tres vueltas el cordel que hace subir y bajar la tablilla por medio de una pequeña argolla que está fija en el centro y en el canto de la mencionada tablilla y á cuya argolla está atado el cordelillo.

Se principia la nivelacion en un punto A (fig. 8.ª): se pone el nivel en un punto *n* se dirige la visual á la mira de atras y á la union de lo blanco y negro de la tablilla, se observa qué número es el primero, ó sea el mas cerca á la parte inferior de la tablilla, y se vé que es el 9 y en seguida se advierte qué décimas y centésimas hay entre la raya que está al pie del 9 y la parte inferior de la tablilla, y se nota que hay 4 décimas y 6 centésimas y al momento se apuntará 9,46 en la casilla de la libreta que dice *Atras*, (véase modelo de libreta núm. 1.º) en seguida se dirige la visual á la mira de adelante y segun hemos esplicado, se observa por debajo de la tablilla, ó sea entre esta y el suelo, que no hay ningun número de pies, y que lo que hay es un cero; se cuentan las décimas y centésimas que podrán ser dos de aquellas y siete de estas, se anotan al momento en la libreta y en la casilla que dice: *Adelante* 0,27. Algunas veces se sube la tablilla de atrás toda, y la de adelante se baja hasta el suelo, esto es cuando se vá subiendo, y al contrario cuando se vá bajando, pero aun cuando así sea, nunca se contarán mas que 11,20 en la mayor, y en la menor se pondrá 0,00; pero no hay miedo de que se cometa error ninguno siempre que á una y otra se mire entre blanco y negro, sin embargo, cuando se deba hacer escepcion de esta regla lo advertiremos.

MODELO NUM. 1.º

NIVELACION EN PIES CASTELLANOS.

ESTACIONES.	DISTANCIAS.	ATRAS.	DELANTE.	DIFER. PARCIALES	DIFE. GENERALES	OBSERVACIONES.

NOTA. Este modelo sirve para levantar el perfil.

Los encargados de la operacion habrán medido ya la distancia que hay entre las miras *A a* por el método que ya dijimos, y si hay supongamos 112 pies, se anotarán en la misma libreta y en la casilla donde dice: *distancias* y en la casilla primera, ó sea donde dice: *estaciones* se anotará 1 ó 1.ª; de manera que resulta tenemos ya notas en la primera línea de las cuatro primeras casillas de la libreta, á saber:

Estaciones.	*Distancias.*	*Atrás.*	*Delante.*
1	112	9,46	0,27

Ahora podriamos proceder á buscar la diferencia de nivel de esta primera estacion, pero como todavia no vamos á hacer el perfil y sí á tomar datos para él, debemos advertir que cuando se está en el campo no se debe distraer la imaginacion mas que en lo indispensable, por manera que las sumas, restas, etc., se deben dejar para hacerlas en casa, sin perjuicio de volver al campo si ocurriese alguna duda, y advertiremos tambien, que la cadena con que se ha dicho se mide podrá ser de cincuenta pies y sus eslabones de medio pie. (1)

Despues se mudará el nivel á otro punto *n'* encargando mucho al peon que tiene la mira *a* que estuvo delante, que arrime su pie al de la mira, que la levante una pulgada del suelo, la revuelva para que la numeracion y tablilla se ponga de frente al punto donde se ha mudado el nivel, (2) y en seguida la baje con mucho cuidado á que descanse en el mismo punto donde estaba; se dirige la visual desde el punto *n'* á la mira *a*, mandando subir la tablilla al peon hasta hacer coincidir la visual con la línea blan-

(1) Todo el mundo sabe lo que es una cadena.

(2) Para escusar esta operacion de volver la mira, se puede dividir y numerar sesta por los dos lados todos.

ca y negra, (1) se mira el número segun tenemos dicho y suponiendo que se vé él 4 debajo de la tablilla, pero que entre dicho número y aquella no hay décimas y solo 8 céntésimas, se anotará en la casilla *Atrás* 4,08; ahora podriamos decir al de la mira de atrás que se fuera á un punto *g*, mas como nuestro objeto no es solo hallar la diferencia de nivel, sino que ademas de esta queremos sacar la configuracion del terreno, ó sea formar el perfil, le diremos que se vaya al punto *b* (que como se observa por la visual, esta pasa casi tangente al terreno) y baje la tablilla hasta que toque al suelo; si observamos que bajó un poco mas de lo que debió, se le dirá: *sube* etc.... hasta que la visual esté perfectamente dirigida entre blanco y negro de la tablilla y miraremos el claro que hay entre esta y el terreno, y notando que no hay ni pies ni décimas y que solo se vé un cero y unas cuantas rayitas que podrán ser ocho, en seguida anotaremos en la casilla de la libreta que dice *Aelante* 0,08, advirtiendo que estas 8 céntimas son las 8 rayas que observamos. Medida la distancia entre *a* y *b*, que podrá ser de 22 pies, se anotarán en la casilla de distancias y se pondrá el número 2 en la casilla de *Estaciones*.

Nuestros lectores observarán que hemos fijado ya la segunda estacion sin haber pasado aun ninguna mira delante del nivel despues que se mudó, lo que tal vez parecerá inconsecuente, puesto que hemos anotado un *adelante* en la segunda *estacion*, pero diremos que no hay inconsecuencia porque el *atrás* y el *delante* son respectivos á la distancia que se mide entre las dos miras, y si hemos colocado el nivel en el punto *n'* y no entre *a* y *b* ha sido por dos razones en favor, primera: por economia de tiempo; y segunda: por ser mucho mas exacto á pesar de que algunos creen que con este método se cometen errores y para apoyarlo se fijan en la diferencia que hay entre el nivel verdadero y el aparente,

(1) De fijar otra tablilla á donde coincide esta visual seria complicar la figura.

siendo asi que para que haya un error de una centésima de pie se necesita que la diferencia de distancia entre las dos visuales sea por lo menos de 750 pies, segun se nota en la tabla que colocamos en la pág^{a}. 50. Hemos dicho que es mucho mas exacto, porque mientras menos veces se mude el nivel, menos errores se deben cometer; pongamos un ejemplo: supongamos que en el punto *b* nos hemos equivocado, como la cuota 0,08 que se anotó en el *adelante* de la segunda estacion se repite para el *atrás* de la tercera, claro está que el error que se haya cometido se compensa y no hay cuidado no solo de que se propague, sino que es fijo y de seguro que de allí no pasa, de manera que si nos hemos equivocado en medio pie (lo que en este caso no puede ser) todo está reducido á que en el punto *b* haya medio pie mas ó menos de desmonte, cuyo error no influye en nada para la rasante, por el contrario, si cometido el error se muda el nivel, aquel se propaga á toda la operacion.

Siguiendo ahora nuestra nivelacion se anota en la tercera línea y primera casilla de la libreta el número 3 y en seguida se mide la distancia entre *b c* y resulta que hay 70 pies, los cuales se anotarán en la casilla de distancias y al momento se llenará tambien la casilla donde dice *atrás* con el número que hay en la de *delante* de la segunda estacion, esto es, con el 0,08, despues se manda pasar una mira al punto *c* (decimos una mira porque las dos están desocupadas) que podrá ser la que estuvo en *a*, se manda subir toda la tablilla, se practica la visual y demas segun llevamos referido y se vé que por casualidad ha subido toda la tablilla, teniendo esta de alto 0,80 y toda la teira 12,0, es claro se observará por bajo de aquella el número 11,20 el cual se escribirá en la casilla de *Delante* de la tercera *Estacion*, con lo cual se vé tenemos ya tres estaciones completas respecto á nivelacion, á saber:

Nivelacion en pies castellanos.

Estaciones.	Distancias.	Atrás.	Delante.	Diferencias parciales.	Diferencias generales.	Observaciones.
1	112	9,46	0,27	»	»	Labradío.
2	22	4,08	0,08	»	»	Tierra dura.
3	70	0,08	11,20	»	»	Prado.

En estas tres estaciones no hemos mencionado cosa alguna acerca de observaciones, pues bien, suponiendo que el punto *b* es terreno duro, se anotará en la 2.ª *estacion*, como aparece verificado; esta nota es muy esencial porque en el punto *b* debe haber desmonte y asi es conveniente apuntar la clase de terreno para tenerlo en cuenta al tiempo de hacer los cálculos de desmontes para el presupuesto. En las otras dos líneas de la casilla de observaciones, se pondrá la clase de terreno respecto á su labor etc., segun se nota en la 1.ª y 3.ª estaciones.

Ya se habrá observado que la mira A pasó á *b* y la *a* pasó á *c*, pues bien, siguiendo la misma marcha se mandará al peon de la mira *b* que la pase á *d* y midiéndose la distancia de la 4.ª estacion, que es entre *c* y *d* y son 44 pies, se anotarán estos en su lugar, escribiendo asi mismo en la columna donde dice *Atrás* la cuota que tiene el *Delante* de la 3.ª estacion que es 11,20; se dirigirá la visual á la mira *d*, segun se ha dicho, cuya altura es de 7 pies 5 décimas y una centésima, lo que se anotará en la casilla *Delante* de la referida 4.ª estacion y en la casilla de observaciones se pondrá : *termina en el borde del arroyo Bercedo*. Ahora bien, para averiguar la profundidad de dicho arroyo, lo mas sencillo y exacto es seguir la nivelacion y practicándolo asi se mandará pasar la mira *c* al fondo del arroyo y midiéndose la distancia entre *d* y *e*, reducida al horizonte no son mas que 2 piés, los cuales se ano-

tarán en la casilla de distancias de la 5.ª estacion, se escribirá asi mismo en ella y en la cuota de *Atrás*, la que tiene la 4.ª estacion en el *Delante*, esto es, 7,51, segun tenemos dicho yá y dirigiendo la visual á la mira *e*, que segun se observa en la fig. 8.ª y en la mencionada mira *e* pasa dicha visual por la parte superior de toda la mira, que como yá sabemos son 12 pies, los cuales parece se debian anotar en la casilla de *Delante* de la 5.ª estacion, mas como las visuales que hemos dirigido en las anteriores han sido siempre entre lo blanco y negro de la tablilla y esta, como hemos manifestado, tiene 0,80 resulta que para que no haya error en esta visual (que se puede llamar escepcional) pondremos 4 décimas menos de lo que tiene toda la mira y serán 11,60, ó lo que es lo mismo 4 décimas mas del número que se observa, porque si la mira tiene 12 pies y la tablilla 0,80, claro está que el número que se vé por debajo de dicha tablilla, es el de 11,20, el mismo que se anotó en la 5.ª estacion, pero como la visual en esta ha sido no entre blanco y negro como fué en aquella y sí por encima de toda la mira, debemos aumentar á la altura todo el alto de lo blanco que son 0,40+11,20 que se ven con los que hacen 11,60 y esta es la altura de la mira *Delante* de la 5.ª estacion. Ahora se manda pasar otra mira al punto *f* que podrá ser la que estaba en *d*, se medirá la distancia de *e* á *f* que son 18 pies y se anotarán en la casilla de *Distancias* de la 6.ª estacion: siguiendo la misma marcha se copiará el número del *Delante* de la 5.ª en el *Atras* de la 6.ª, que son 11,60, en seguida se dirigirá la visual á la mira *f* y á la línea entre blanco y negro, se advierte que el número que hay por debajo de la tablilla es 5,30 que se escribirán en el *Delante* de dicha 6.ª estacion y con ello tendremos ya completas seis estaciones. En este estado se pasará la mira que está en el arroyo al punto *g* y midiéndose la distancia de *f* á *g* que son 84 pies, se anotarán en la casilla de distancias de la 7.ª estacion y como todavia no se ha mudado el nivel se copia el *Delante* de la 6.ª estacion al *Atrás* de la 7.ª, que segun se ha

visto es 5,50, se echará la visual á *g*, en donde observamos ha bajado la tablilla hasta tocar en el suelo y que no se vé ningun número debajo de dicha tablilla y aunque la visual se ha dirigido entre blanco y negro, se escribirá en el *Adelante* de la citada 7.ª estacion 0,00. De todas las visuales que se han dirigido desde *n*, la primera y última son las esenciales, es decir, la que se dirigió á la mira *a* y la que acabamos de dirijir á la mira *g* son en las que el nivelador debe poner mucho cuidado; en aquella para enlazar la operacion con la anterior y en esta para volverla á enlazar con la siguiente, por manera que segun dijimos ya cualquier error cometido en uno de estos dos puntos se propagaria á toda la operacion, mientras que cualquier otro error que se cometiera en las miras *bc d e f* quedaría compensado en el acto: de lo dicho se infiere, *que siempre que se mude el nivel, hay que poner mucho cuidado en las visuales primera y última.*

Ahora yá no se puede pasar adelante la operacion sin que se mude el nivel, por lo que hay que encargarle al peon que tiene la mira *g* que la gire con mucho cuidado y del modo que digimos cuando se mudó la otra vez y al entre tanto vamos á marcar las 7 estaciones que tenemos concluidas, del modo siguiente:

Estaciones.	Distancias.	Atrás.	Delante.	Diferencias parciales.	Diferencias generales.	OBSERVACIONES.
1	112	9,46	0,27	»	»	Labradío.
2	22	4,08	0,08	»	»	Tierra dura.
3	70	0,08	11,20	»	»	Prado de Juan Rodrz.
4	44	11,20	7,51	»	»	Termina al borde del arroyo Bercedo.
5	2	7,51	11,60	»	»	Fondo del arroyo.
6	18	11,60	5,30	»	»	Tierra y piedra.
7	84	5,30	0,00	»	»	Por un herial.

En este estado trasladamos el nivel á otro punto *n''* y al peon que tiene la mira *g* se le manda subir la tablilla, sin mover el pie de la mira y dirigiendo la visual con mucho cuidado y escrupulosidad, se anotará en el *Atrás* de la 8.ª estacion el número que se observe por debajo de la tablilla que podrá ser 10,82; la mira *f* ya habrá pasado al punto *h* la que dará 0,10 para la casilla *Delante* que se anotará, como igualmente la distancia entre *g* y *h* que son 60 pies que se escribirán en su casilla. Luego se mudará el nivel á un punto n''', por cuya razon la mira *h* se está fija, porque hay que tener muy presente lo que ya hemos manifestado, esto es, que si al tiempo de mover el nivel se levantase la última mira que se colocó, nos espondriamos á perder todo lo hecho, y por lo tanto es muy conveniente dejar de trecho en trecho algunas marcas fijas; se dirigirá la visual á la mira *h* que serán 1,00, en seguida se observará la mira *i* en la que resultarán 2,04 y se anotará el 1,00 en la casilla *Atrás* y el 2,04 en la del *Delante*: la distancia de *h* á *i* será de 61 pies que se escribirán en la casilla de *Distancias*, todo de la 9.ª estacion. En seguida se pasará la mira *h* á *j* á donde se dirige la visual y nos dará la cuota de 11,01 y de distancia 76 pies y como no se mudó el nivel, servirá la cuota del *Delante* de la 9.ª estacion para el *Atrás* de la 10.ª y tendremos: *Distancia* 76; *Atrás* 2,04; *Delante* 11,01. Ahora se mudará el nivel á un punto á propósito, que podrá ser á *n''''*, se fijará la visual á la mira de atrás, que es *j* y se observará que dá en el pie de la mira, esto es, que aunque se baje la tablilla hasta el suelo, no alcanza la visual á la línea ó union de blanco y negro, y que se verá que pega en el mismo terreno y por debajo de lo negro: se escribirá 0,00 y en el *Adelante* ó sea la mira *l* se notará que coincide la visual encima de toda la mira: en este acontecimiento no se escribirán los números que se vean y si el total de la mira, que como ya sabemos son 12,00, medida la distancia de *j* á *l* que son 85 pies, se anotará en su respectiva casilla de la estacion 11.ª

Nuestros lectores habrán advertido que las visuales en esta estacion son una escepcion de la regla, y tambien habrán conocido que no se ha cometido ningun error, á causa de que en el *Atrás* nos ha servido de mira el mismo suelo, y en el *Delante* aunque hemos observado á la mira, ha sido lo mismo que si hubiéramos puesto otro cualquier palo de 12 pies de alto, cuyos 12 pies son el desnivel que hay entre *j* y *l* por lo que ha sido dicha estacion, una escepcion de la regla.

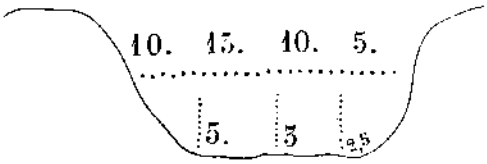
Ahora se medirá el ancho del rio que se vé en la (fig.ª 8.ª) y se halla que tiene 40 pies los cuales se anotarán en la casilla de *Distancias* de la 12.ª estacion, y como las aguas están á nivel y vamos á dejar quieto el instrumento hasta echar otras dos estaciones, pondremos en dicha 12.ª estacion y en el *Atrás* 12,00, (que es el delante de la 11.ª estacion) y en la casilla de *Delante*, que es la *m* igualmente pondremos 12,00; en seguida pasaremos á la 13.ª *Estacion*, cuya distancia son 17 pies y siguiendo la citada regla escribiremos en el *Atrás* 12,00 y en el *Delante* el número que se notáre en la mira *n* mas 0,4 de lo negro de la tablilla y suponiendo que por bajo de dicha tablilla y tocando á ella está el número 7,40 + 0,40 = 7,80 y sin mover el nivel se dirige la visual á la mira *o* (que como se observa en la figura) pega en el terreno, se pondrá 0,00 en la casilla *Delante* de la 14 estacion, y en la de *Atrás* de la misma el 7,80 que es el *Delante* de la 13.ª, y por de contado su distancia que son 20, con lo cual ya tenemos 14 estaciones, á saber:

Nivelacion en pies castellanos.

Estaciones.	Distancias.	Atrás.	Delante.	Diferencias parciales.	Diferencias generales.	OBSERVACIONES.
1	112	9,46	0,27	»	»	Labradío.
2	22	4,08	0,08	»	»	Tierra dura.
3	70	0,08	11,20	»	»	Prado de Juan Rodriguez.
4	44	11,20	7,51	»	»	Termina al borde del arroyo Bercedo.
5	2	7,51	11,60	»	»	Fondo del arroyo Bercedo.
6	18	11,60	5,30	»	»	Tierra y Piedra.
7	84	5,30	0,00	»	»	Por un herial.
8	60	10,82	0,10	»	»	Cantera floja.
9	61	1,00	2,04	»	»	Idem y idem.
10	76	2,04	11,01	»	»	Tierra dura.
11	83	0,00	12,00	»	»	Piedra floja. Termina orilla del rio.
12	40	12,00	12,00	»	»	Ancho del rio Lerja.
13	17	12,00	7,80	»	»	Cantera cerrada.
14	20	7,80	0,00	»	»	Piedra dura.

De intento hemos dejado de hacernos cargo de la profundidad del rio, para ocuparnos de ello ahora.

Para buscarla pues, se hará un croquis lo mas aproximado posible á la figura del Talweg de dicho rio que podrá ser asi:



En seguida se practicarán tres sondas para hallar su profundidad próximamente, la que será á los 10 primeros pies de 5 de profundidad; á los 25 ó sea á otros 15, tres pies de hondo; y á los 35 ó á otros 10 mas, $2\frac{1}{2}$ pies de agua; con estos datos se sacará el perfil del fondo muy aproximado y decimos muy aproximado por que no se puede sacar exacto, ni hace falta, teniendo en cuenta lo que yá hemos repetido varias veces, esto es, que el error en este caso no se trasmite á las demás operaciones del proyecto, y respecto al cauce del rio nos importa poco el que tenga un piés mas ó menos de profundidad, lo que sí conviene mucho es, hacer una marca en uno de los puntos donde se han puesto las miras mas cercanas que podrá ser la *l* ó *m*, mas si este punto no ofrece seguridad, se hará en la peña donde se colocó la mira *n* anotandolo en la libreta. Esta marca se hará con el objeto de comparar la altura del fondo del rio en todo tiempo, aun cuando suba ó bajen con las arenas etc. é igualmente las aguas, y además para tener un punto á que referirse cuando se llegue á construir el puente.

Despues se mudará el nivel al punto n'''', se practicará la misma operacion mirando *Aatras* y *Aelante*, cuyas alturas serán *Atras* 11,03 y *Adelante* 0,23 y la distancia 106 que hay entre

o y *p*, cuyas cuotas se escribirán en sus respectivas casillas, como igualmente el número de órden de las estaciones que es el 15.

Se vuelve á mudar el nivel á otro punto *n''''''*, se practicará la misma operacion que ya sabemos perfectamente, cuyos números podrán ser los siguientes: *estacion*, 16; A*istancia* 47; A*tras* 7,92; A*elante* 2,88 y con ello habremos terminado nuestra nivelacion entre los dos puntos A y B de la figura 8.

Luego trasladaremos al papel la configuracion exacta de todo el citado terreno con sus altos y bajos, pues tenemos hecho un trabajo con el que hemos conseguido llevarnos datos para pasar al papel una seccion dada por toda la línea que hemos recorrido, tan exacta como se desea para observarla y trazar sobre ella las rasantes de un camino, y podremos conciliar la bondad de este con el coste del mismo, cosa que no podriamos verificar sin haber practicado dicha operacion, pues con ella se ha conseguido llevarnos el terreno á la mesa para iaspeccionarlo y verlo todo en un solo golpe de vista; mas para trasladar al papel el terreno hay que practicar antes otras operaciones.

Ya habrán observado nuestros lectores que en la libreta hay dos casillas además de las que se han usado en el campo, en las que no se ha colocado cifra alguna y que una dice: *Diferencias parciales*, y la otra: *Diferencias generales*, cuyo encabezado demuestra bien claramente para lo que se dedican, esto es, en la de *parciales* hay que poner la diferencia del nivel que se vá hallando parcialmente de una á otra *estacion*; y en las *generales*, se colocará la diferencia del nivel que hay en todas y cada una de las estaciones refiriendolas al punto de partida, que es la *base* que hemos tomado, y que tambien se llama *desnivel al origen*. (1)

(1) Esta base ó línea de nivel la colocan algunos mas alta que el punto mas alto del proyecto, y otros mas baja que el punto mas bajo tambien de proyecto, otros la fijan cierto número de pies ó masmenos encima y otros debajo del orijen de la operacion; tambien dicen se podia tomar el nivel del mar. Los inconvenientes de estos métodos los tocará el que quiera practicarlos.

Ahora lo primero es hallar las diferencias parciales, teniendo en cuenta las que son subiendo y las que son bajando, lo que se averiguará al primer golpe de vista con solo observar cual de las dos cuotas es mayor ó menor entre la del *Atrás* y la de *Delante* y la que sea mayor será bajando hácia ella y vice-versa, por ejemplo: la 1.ª *Estacion* tiene *Atrás* 9,46 y *Delante* 0,27; la 2.ª *Estacion* tiene *Atrás* 4,08 y *Delante* 0,08, de manera que las dos son subiendo; la 3.ª *Estacion* tiene *Atrás* 0,08 y *Delante* 11,20 de manera que esta es bajando etc.

Como en las matemáticas se ha adoptado y convenido que este signo + significa *mas*, y este — *menos*, pondremos el signo + en todas las que son subiendo, y el — en todas las que son bajando. Algunos ponen dos casillas mas encabezándolas con *subiendo* y *bajando*; otros autores hemos observado que complican la operacion, añadiendo tambien otras dos casillas encabezándodolas de esta manera:

DIFERENCIAS.

Positivas.	*Negativas.*

Y las dos diferencias *parciales* y *generales* las sustituyen con estas: *adiciones* y *sustraciones*: *cuotas finales*. Esto exige otro registro que designan con: *indicaciones de los puntos*, *cálculos*, *cuotas definitivas*; de todo lo cual se infiere que estos métodos conducen y precisan la operacion á que sea complicada y espuesta á errores, siendo causa ademas de adelantar poco, volviendo á repetir que los que tengan que practicar largas y exactas nivelaciones, conocerán las ventajas de nuestro método, por el que hemos practicado con el mejor buen éxito, las de centenares de leguas en paises de terrenos quebrados, y hemos hecho nivelaciones y arrumbamientos á la vez, de cincuenta y sesenta mil pies lineales por dia; sigamos nuestra tarea.

Segun se observará en el adjunto modelo de nivelacion practicada (1.ª nivelacion) se restan los números menores de los mayores, se colocarán estas restas en la mencionada casilla de parciales, por ejemplo: la 1.ª estacion tiene A*trás* 9,46, restando 0,27 quedan 9,19 pies, esto es lo que sube entre A y *a*, ó sea en la 1.ª estacion cuya línea ó distancia es de 112 pies; en la 2.ª estacion; tiene A*trás* 4,08 y restados de estos los 0,08 quedan 4,00: la 3.ª tiene A*trás* 0,08 y *Delante* 11,20, como es mayor el D*elante* se restará el A*trás* de este y quedarán 11,12 que como hemos esplicado son bajando, y asi sucesivamente se irán sacando todas las cuotas poniendo todas las diferencias parciales en su respectivo lugar hasta concluirlas ó llenar enteramente la 5.ª casilla de la libreta, modelo núm. 1.º cuyo encabezado dice: *diferencias parciales*.

Concluida esta primera operacion, se procederá á buscar las *diferencias generales*, tomando por base ó línea de nivel el punto de partida, ó sea el origen de nuestra nivelacion. Como la primera diferencia de nivel que hemos hallado en los primeros 112 pies que llevamos medidos, es de 9,19, la copiamos tambien en la 1.ª línea ó 1.ª estacion en la casilla de *diferencias generales*; esta diferencia de nivel es al fin de los 112 pies, por cuya razon las estaciones para los desniveles no se deben contar al principio y si al fin; por la razon de que el desnivel hallado es al fin y no al principio. La 2.ª estacion tiene 4,00 con el signo *mas* y como los 9,19 tambien tenian el signo *mas*, por esta razon se debe sumar la cuota 2.ª con la primera y será 9,19+4,00=13,19. La 3.ª estacion tiene 11,12 con el signo *menos* y como los 13,19 tienen el signo *mas*, se restarán aquellos de estos y nos quedarán 2,07 y esto es lo que está mas alto el punto *c* que el punto A que es el de la base, ó línea de nivel. Hay que tener muy presente que mientras los desniveles esten encima de la base, hay que sumar con la anterior todas las que tengan el signo *mas* y restar tambien del anterior, todas las que tengan el signo *menos* y cuando esten por debajo de la base,

se practicará lo contrario, es decir, que cuando se haya bajado á un punto que esté mas bajo que el de partida, ó el que nos haya servido de base, se sumarán con la anterior todas las que tengan el signo *menos*, y se restarán tambien de la anterior las que tengan el signo *mas*, cuando llegue un caso de estos, esplicaremos con claridad el modo de pasar de un lado á otro de la base; la 4.ª estacion tiene+3,69 que sumados con los 2,07 hacen 5,76 para la cuota general de la misma estacion; la 5.ª tiene en la parcial —4,09 que segun lo dicho se restarán de la cuota general de la 4.ª y quedan 1,67 para la general de la 5.ª; la 6.ª tiene+6,30 que sumados con el 1,67, hacen 7,97; lo mismo se hará con los +5,30 de la 7.ª y dará para esta 13,27; la 8.ª tiene+10,72 que con los 13,27 componen 23,99; la 9.ª tiene —1,04 que deducidos de la 8.ª quedan 22,95; la 10.ª tiene —8,97 que restados de su anterior se reducen á 13,98; la 11ª tiene—12,00 que por la misma razon se quedan en 1,98; la 12.ª no tiene desnivel alguno, por lo que tiene la misma cuota que la anterior que es 1,98; la 13.ª tiene+4,20 los que se adicionarán con el 1,98 que hacen 6,18; la 14.ª tiene+7,80 que con los del anterior componen 13,98; la 15.ª sube+10,80 que con los 13,98 suman 24,78. Y por último la 16.ª sube 5,04 que con los de la 15.ª hacen 29,82.

Con esta operacion, que acabamos de hacer, no solamente se ha conseguido averiguar el desnivel que hay entre A y B que segun se observa, es de 29 pies y 82 céntimos, sino que tambien hemos conseguido saber el que hay en todas y cada una de las estaciones que hemos medido, y asi es que á primera vista observamos que el punto *b* fin de la 2.ª estacion, está 13 pies y 19 céntimos mas alto que el punto de partida, y si queremos averiguar el desnivel que hay entre dos puntos cualesquiera que elijamos, lo hallaremos al momento, ejemplo: supongamos que queremos saber el desnivel que hay entre el punto *b* y *e*, ó sea entre la 2.ª y 5.ª estacion, restaremos 1,67 que tiene la 5.ª de 13,19 de la 2.ª y nos dará 11,52; como una y otra estan encima de la

base, claró está que la que tiene mayor cuota es la mas alta, de lo que se infiere, que el punto *b* está mas alto que el punto *e* los mencionados 11 pies y 52 céntimos; si queremos saber el desnivel que hay entre *f* y *o* restaremos 7,97 que tiene la estacion 6.ª que es á la que corresponde *f*, de 15,98 que tiene la estacion 14.ª á la que pertenece *o* y hallaremos que *o* está ~~7,01~~ mas alto que *f*, y 6,01
si queremos saber cuanto está mas bajo el fondo del rio que el punto *h* se estraerán 1,98 que tienen las estaciones 11 y 12 que estan á la flor del agua, de los 23,99 que tiene el punto *h* (estacion 8.ª) y quedan 22,01, agregaremos á estos los 5 pies que tiene el rio de hondo, segun la sonda que hicimos, y sumarán 27,01, y esto es lo que está mas bajo.

Por lo que acabamos de referir, se vendrá en conocimiento de que cuando en las diferencias generales hay una cuota que tiene el signo + y otra que tiene el —, hay que sumar dichas dos cuotas para hallar el verdadero desnivel entre los dos puntos, por ejemplo: si cuando hicimos la sonda en que hallamos 5 pies de agua, hubieramos puesto una mira en el fondo del rio (operacion que no se hizo por no mojar la mira) nos hubiera resultado 3,02 pies debajo de la base, porque es bien claro que dicha base tiene encima 1,98 de agua, segun se nota en la figura 8.ª, y como todo el espesor del agua son 5,00 quedarian 3,02 con el signo —, es decir debajo de la base, que sumados con los 23,99 del punto *h* que tiene el signo +, resultan 27,01. Queda pues sentado, que para hallar la diferencia de nivel entre dos puntos, segun las cuotas de las diferencias generales, *hay que sumar aquellas cuando tengan diferentes signos, y hay que restar cuando tengan un mismo signo*. En la fig.ª 8.ª se manifiesta esto con mucha claridad.

Para comprobar la operacion, y saber de fijo que no nos hemos equivocado, se suman las casillas de *Atrás* y *Delante*, y se resta la suma menor de la mayor, en la operacion que nos ocupa es menor la de *Delante* que la de *Atrás*, que como se obser-

ya aquella nos ha dado 84,02 y esta 113,84, cuya resta es de 29,82 igual á la última cuota que hemos hallado en las diferencias generales, y esta es una prueba exacta y verídica de que no nos hemos equivocado, y por consiguiente que las operaciones que hemos hecho de sumar y restar en todas y en cada una de las 16 estaciones están bien hechas; si resultase alguna diferencia, tendriamos que proceder á dar un repaso muy detenido en todas las estaciones parciales, y si en estas no hallásemos el error, habriamos de proceder á reparar todas las generales hasta encontrarlo. Este modo de comprobar para saber si la operacion está bien hecha, es el mas á propósito, y para no molestarse mucho, se pueden dividir en séries de estaciones de 10 en 10, ó por llanas de la libreta, decimos esto porque si se espera á hacer la comprobacion sumando 20, 30 ó mas estaciones, es mucho mas dificil de hallar el error que se haya cometido.

La nivelacion que acabamos de esplicar echa con nivel de agua no es tan exacta como la que se practica con nivel de aire.

(Nivelacion del terreno figura 8.ª) *(Perfil de la figura 17)* *(1.ª nivelacion.)*

NIVELACIONES EN PIES CASTELLANOS. Principia 60 pies al Oeste de la puerta de la casa de Juan Crespo, en el sitio llamado *Peña Gorda* donde queda marcado en la losa natural esta +

Estaciones.	Distancias.	Atrás.	Delante.		Diferencias parciales.		Diferencias generales.	OBSERVACIONES.
1	112	9,46	0,27	+	9,19	+	9,19	Termina en la esquina S. de la huerta de Crespo. L.
2	22	4,08	0,08	+	4,00	+	13,19	Piedra dura.
3	70	0,08	11,20	—	11,12	+	2,07	Prado de Juan Rodriguez.
4	44	11,20	7,51	+	3,69	+	5,76	Termina en el borde del arroyo Bercedo.
5	2	7,51	11,60	—	4,09	+	1,67	Al fondo del arroyo.
6	18	11,60	5,30	+	6,30	+	7,97	Tierra y piedra.
7	84	5,30	0,00	+	5,30	+	13,27	Por un herial.
8	60	10,82	0,10	+	10,72	+	23,99	Cantera floja.
9	61	1,00	2,04	—	1,04	+	22,95	Idem idem.
10	76	2,04	11,01	—	8,97	+	13,98	Tierra dura.
11	83	0,00	12,00	—	12,00	+	1,98	Piedra floja. Termina orilla del rio.
12	40	12,00	12,00	∞	0,00	+	1,98	Ancho del rio Lerja.
13	17	12.00	7,80	+	4,20	+	6,18	Cantera cerrada. Queda esta marca en la peña.
14	20	7,80	0,00	+	7,80	+	13,98	Piedra dura.
15	105	11,03	0,23	+	10,80	+	24,78	A los 40 pies, casa de Manuel Ruiz.
16	47	7,92	2,88	+	5,04	+	29,82	Sigue piedra dura. Termina en el cerro junto á donde queda la marca.
	862	113,84	84,02	+	29,82			

TABLA que manifiesta la correccion que se debe hacer por la diferencia entre el nivel verdadero y el aparente, y que se debe quitar á la altura de mira segun la distancia que esta esté del nivel. Todo en pies.

A la distancia de	Se debe quitar.	A la distancia de	Se debe quitar.
750	0,0100	2.125	0,072
775	0,0105	2.425	0,100
875	0,0130	3.000	0,151
900	0,0140	4.000	0,271
950	0,0150	6.000	0,610
975	0,0160	7 000	0,828
1.000	0,0170	7.500	0,954
1.025	0,0180	7.900	1,000
1.050	0,0190	8.000	1,090
1.100	0,0200	9.060	1,371
1.200	0,0240	10.000	1,632
1.300	0,029	12.000	2,438
1.325	0,030	15.000	3,808
1.400	0,033	18.000	5,483
1.500	0,038	20.000	6,770
1.750	0,053	25.000	10,577
2.000	0,068	30.000	15,232

Tal vez dirán nuestros lectores, que supuesto no es muy exacta la nivelacion con nivel de agua y miras de tablilla, que porque nos hemos molestado en dar su esplicacion, á lo que contestaremos, que el modo de nivelar para hallar ó sacar el perfil de un terreno etc., es el mismo que con nivel de aire, en cuanto á *mirar atrás, delante, diferencias* etc., con sola la diferencia de que con el nivel de aire y el anteojo, no se usa de tablilla y sí de las escalas-miras que estan divididas en pies castellanos ó en metros, por cuya razon y por la de ser mas fácil, hemos esplicado dicho método, ademas de tener esta parte yá aprendida, y porque como el nivel de agua no necesita rectificaciones, nos ha parecido conveniente esplicar primero lo mas sencillo y fácil, sin perjuicio de dar espli-

caciones para nivelar con nivel de aire y anteojo; y ademas que para sacar el perfil de un terreno para un camino ó carretera comun y nivelaciones intermedias, cuyos estremos esten ya fijos y averiguado su desnivel total con el nivel de aire, segun diremos luego, para practicar la nivelacion de un tunel y la de un viaducto etc., para todas estas operaciones y las que se dirán es suficiente el nivel de agua, siempre que la nivelacion se haga con cuidado y puesto que la marcha es exactamente la misma, solo nos falta esplicar las rectificaciones del nivel de aire, y algunos métodos para conseguir los resultados que efectivamente dá este instrumento, que á la verdad parecen fabulosos, siempre que se sepa manejar. Con el nivel de aire se ha hecho la nivelacion de todas las calles, plazas y alrrededores de Madrid, con cuyos datos se trazaron las curvas de nivel y se hizo aparecer el relieve del suelo de la capital. Con el nivel de aire se averiguó el año de 1848 lo que en los siglos anteriores no se habia podido descubrir, esto es, que el rio Lozoya tomado en el ponton de la Oliva, pudiese traer sus aguas á los altos de la corte. Con el nivel de aire se han fijado todas las rasantes de todos los proyectos de ferros-carriles, y las del canal de Isabel II. Y finalmente el nivel de aire sirve para todas las operaciones delicadas de nivelacion, y para hallar los desniveles tan exactos como se deseen en las ciencias.

Cuando tuvimos el honor de practicar la nivelacion de las 518 calles de que se compone Madrid, para fijar las curvas de nivel y el relieve de su suelo, hubiera sido imposible llevarla á efecto si nó se hubiera egecutado con nivel de aire, con un buen anteojo, y con las escalas-miras, divididas desde el pie ó cero, hasta 16 pies de alto, en pies, décimos y céntimos, de ello pondremos un ejemplo: para hallar la cuota del sumidero donde está la farola de la Puerta del Sol, colocamos el nivel al principio de la calle de Alcalá y dirijimos la visual (por encima de las cabezas de la mucha gente que siempre hay en aquel sitio) á la parte superior de la escala que tenia el peon en la losa de dicho sumidero, y sin necesidad de

mandar separar á nadie ; lo que no se hubiera podido verificar con el nivel de agua. No obstante volvemos á repetir que la nivelacion que acabamos de practicar con el nivel de agua es lo muy bastante para sacar el perfil del terreno, fijar las rasantes y hacer los cálculos de desmontes y terraplenes, de todo lo cual nos ocuparemos despues que espliquemos el mecanismo y uso de los niveles de aire practicando otra operacion análoga á la que acabamos de esplicar; el mecanismo y uso de la Brújula, la fácil trasportacion de los ángulos al papel y como se forma el plano.

Los niveles de aire los hay de diferentes clases y autores el que mas se distingue es el de Dollon ingles (fig. 4.ª) el de la figura 6.ª es de construccion francesa; unos y otros exijen rectificaciones antes de ponerse á nivelar con ellos: estas se hacen de la manera siguiente:

RECTIFICACIONES DEL NIVEL DE AIRE

(FIGURA SEXTA.)

Este instrumento descansa en un tripod con tres tornillos *t t t* y tiene un nivel *a* unido á los apoyos ó collares B K *d* K′ que son de una pieza, con la Brújula *b*. Sus rectificaciones consisten, 1.ª: en que el nivel *a* que está unido á la Brújula *b* sea perfectamente perpendicular al eje *e* del tripod; 2.ª: Que los hilos metálicos de la reticula que hay puestos en el foco del anteojo sean perpendiculares entre sí y que formen dos diametros perfectos, colocando el anteojo de manera que uno sea perfectamente vertical y el otro horizontal; 3.ª En que el anteojo A esté colocado perfectamente paralelo al nivel *a*.

Primera rectificacion: se pondrá á nivel tocando los tornillos *t t t* y haciendo girar los lados B *d* á que coincidan con un tornillo t, despues se volverá á girar á que sean tangentes á los

otros dos tornillos *t*: *t*, á los que se les tocará tambien, y así que se consiga que esté á nivel, lo que se conocerá cuando la burbuja *a* esté en el centro del tubo del nivel, se hace girar 180.° ó sea media vuelta y si la burbuja se marcha hácia un lado, es señal de que aquel está mas alto que su opuesto, y por de contado esto nos dice que todo el aparato B *b d a* no es perpendicular al eje *e* por cuya razon hay que tocar á la espiga B con la llave *y* hasta hacer correr la burbuja ó ampollita de aire la mitad de la distancia que le falta para ponerse en el centro del tubo del nivel ó sea en *a* y la otra mitad se la hará correr tocando al tornillo *t* que esté opuesto diametralmente, y así nivelando por mitades entre la espigueta *B* y el tornillo *t* que se haya elegido de los tres que descansan sobre el trípod, se conseguirá que *el tubo del nivel a y el platillo b sean perfectamente perpendiculares al eje e.*

Para la 2.ª comprobacion, se dirige una visual á una linea horizontal que esté cien ó mas metros distante, se hace coincidir el hilo horizontal á dicha línea, se sujetan los apoyos con un tornillo que tienen á propósito, y se hacen girar sobre sí al anteojo alrededor de su eje, hasta que dé media vuelta, esto es, que la parte inferior se ponga en la superior; se observa si el hilo horizontal ha subido ó bajado, es decir, si coincide ó no con la linea á que se dirigió antes, y si por ejemplo ha subido, se coge la llavecita *h*, se afloja el tornillo c y se aprieta el *c'* todo con mucha templanza para que corra el Diapason (que es donde están fijados los hilos) hasta que baje á la mitad de la distancia que discrepaba, se vuelve á girar sobre si hasta ponerlo como estaba cuando se miró, y repitiendo lo esplicado se conseguirá que aunque se gire el anteojo poniendo lo inferior en la parte superior y vice-versa, que siempre coincida el hilo horizontal en el punto que se eligió; para averiguar si el hilo vertical está bien, tambien se girará el anteojo sobre su eje con templanza y fijando con la vista en un punto la cruz de los dos hilos se observará si describe un círculo en vez de un punto, en cuyo caso es señal que la cerdilla vertical no está bien y aunque es-

ta rectificacion no importa mucho, no obstante, se arreglará del mismo modo que se arregló el hilo horizontal, pero con el tornillo que tiene apropósito en *i*, y su opuesto (1) hasta conseguir que la cruz ó intercepcion de los dos hilos girando el anteojo sobre sí, describa un punto en el sitio donde se haya dirigido la visual, en lugar del circulo que describe cuando no están bien los hilos.

Para la 3.ª rectificacion que es la mas esencial, se pondrá muy bien á nivel con los tornillos *t t t*, se dirige una visual á una mira que esté lo mas distante posible, se levanta el anteojo aflojando las aldabillas K K′ y se invierte estremo por estremo, colocando el ocular al lado del objetivo, se gira todo el aparato hasta buscar la línea á donde se dirigió la visual, y si esta visual no coincide con la 1.ª es evidente que el anteojo no está perfectamente paralelo al tubo del nivel; en este caso se coje la llave *y* y se toca á la espiga *d*, subiendo ó bajando la parte *u* K′, que es la movible del collar, despues se vuelve á hacer la misma operacion de cambiar ó invertir el anteojo y girar el aparato 180·°, hasta conseguir que el rayo visual dirigido por *m* K K′ *n* (2) coincida perfectamente con el que se dirigió por *n* K′ K *m* aun cuando se dirija á una ó mas leguas de distancia.

La práctica hará conocer que estas comprobaciones no son tan difíciles como parecen en su esplicacion, con el instrumento á la vista se vendrá en conocimiento de todo lo que hay que ejecutar sin molestar mucho la imaginacion.

Ya que hemos hecho mencion del nivel de Dollon, (fig. 4) no pasaremos adelante sin esplicar el método de sus correcciones. Este instrumento tiene el nivel unido al anteojo, por esta causa y por su diferente construccion exige tambien diferente correccion; la primera comprobacion se hará colocando en los collarres *c c′* dicho anteojo y nivel, y como se apoya en cuatro tornillos (en la figura se ven dos *t t*) se tocará á dos á la vez hasta poner la burbuja

(1) Los tornillos no se pueden ver en la figura.
(2) Nos referimos á solo el anteojo, lo demás está fijo.

a del nivel en la parte superior del tubo, en seguida se gira 90.° ó sea un cuarto de circulo hasta que coincida con los otros dos tornillos, á los cuales se tocará del mismo modo para que la ampolla ó burbuja pase al centro del tubo *a*, en seguida se le hará girar 180.° esto es, diametralmente, y si la burbuja se corre á un lado, por egemplo al *c'*, es señal de que el tubo del nivel no está perfectamente paralelo al anteojo, ó que los apoyos *cd c'd*, no son perpendiculares al eje vertical del tripod; podrá suceder que el defecto esté en uno de estos dos casos, ó en los dos á la vez, y para asegurarnos de que está bien, se practicarán las comprobaciones siguientes: para el primero se tocará á la tuerquecita *h*, (que está dividida en dos,) con el punzon *p*, que se introduce en los bugeritos de la tuerca, se afloja la mitad de la parte superior de dicha tuerca, se mueve la inferior apretandola, con lo que se le hace subir y se observará que la ampolla que estaba al lado *c'* principia á correrse hacia *a*, pero no se deja correr mas que la mitad de la distancia que le falte para ponerse en el centro *a* y la otra mitad se le hará andar con los dos tornillos *t t*; y así simultáneamente se tocará á los mencionados tornillos y á la tuerquecita *h* hasta conseguir que la burbuja de aire se sostenga en el centro, despues se apretará el tornillo *b'* para que no gire el instrumento, y se levantarán las aldabillas *d d*, se sacará el anteojo (1) que se invertirá estremo por estremo, y si en este cambio se observare que la burbuja se ha corrido á uno de los lados, por ejemplo, al *h c*, se tocará al tornillo *e* para que se corra dicha burbuja de aire hácia el centro *a*, pero no se le hará ir mas que á la mitad de la distancia que le falte y la otra mitad se la hará correr con los tornillos *t t*. Esta rectificacion solo se diferencia de la anterior en lo siguiente: que en aquella se gira el aparato sin sacar el anteojo, y en esta se saca y se cambia lo de atrás adelante; que en aquella se ar-

(1) Ya sabemos que en este nivel está unido el tubo del nivel al anteojo, por eso siempre que se mueve este se mueve aquel.

regla con la tuerca *h* y los tornillos *t t*, y en esta se arregla con el tornillo *e* y los *t t*.

Los hilos ó reticula de este nivel vienen colocados bien de la fábrica, no obstante, se pueden comprobar dirigiendo una visual al ángulo de un edificio que esté muy bien construido, y si no lo hay á una línea vertical. Cuando se rompa alguno de los hilos, se colocará en las rayitas que á propósito tiene en cruz el Diapason dirigiendo visuales distantes y haciendo esperimentos, cambiando el anteojo y girando el instrumento, y la práctica demostrará mas que cuanto pudieramos decir. Ya manifestamos que estas rectificaciones no son tan difíciles como parecen, y volvemos á repetir que con lo que se ha esplicado y con el instrumento á la vista se vendrá en conocimiento de todo cuanto sea necesario para asegurarse de que el nivel está para poder practicar una nivelacion tan exacta como se desee

Digimos antes, que el modo de nivelar con nivel de aire, es el mismo que con el nivel de agua en cuanto al método de mirar *atrás* y *delante* y escribir en la libreta, segun modelo núm. 1° y 2° con la diferencia de que no se necesita tablilla, y en lugar de miras se usarán las escalas-miras (fig. 7.ª), ó miras parlantes que llaman y que no sabemos por qué, las cuales se dividen en metros, décimos, centímetros y dobles milímetros (1) (véase la fig. 5.ª que es un decímetro en tamaño natural) cuya division se hará desde el pie hasta la parte superior, principiando abajo en cero, y terminando arriba en cuatro metros y cuatro decímetros, que es una altura proporcionada (2); dichas escalas suelen ser de tres cuerpos, con el objeto de introducir unos en otros, á fin de que sean mas cómodas para trasportarlas cuando no se opera con ellas, metidas en una funda de ule, el primer cuerpo ó inferior que es el mayor

(1) Tambien se dividen en pies españoles que son los que usamos para hacer la nivelacion de las calles de Madrid y la 1.ª que se hizo del ponton de la Oliva á la puerta de Sta. Bárbara.

(2) También se pueden construir mas altas. El ebanista D. Esteban Martin que es el artista que mejor las hace en España las ha construido hasta de 6 y de 9 metros.

en ancho y grueso, debe tener 1,^{m} 6 de largo ó alto; el segundo 1,^{m} 4 y el tercero 1,^{m} 4 que componen 4,^{m} 4; en el primer decímetro se pondrá un cero encarnado en la parte mas baja y tocando á la cantonera del pie de la escala-mira y otro cero negro, tambien en el primer decímetro aproximado á la division del 1.° al 2.° decímetro; en el segundo decímetro y casi tocando á la línea que divide este del primero (véase la fig. 7.ª) se escribirá otro cero encarnado y un 1 negro que esté cerca de la division del 2.° al 3.°; en el tercer decímetro se pondrá otro cero encarnado y un 2 negro; y asi sucesivamente se hará la division lo mismo que la que se nota en la fig. 7.ª, cuyos números flojos deben ser encarnados segun se dijo en las advertencias, en el décimo decímetro resultará un cero encarnado y un 9 negro, (este 9 debe ser romano) en el primer decímetro del 2.° metro se escribirá un 1 encarnado y un cero negro; etc. etc. El primer cuerpo de la escala que tiene 1^{m},6 de alto, su numeracion debe ser de 1,^{m} 5 sin que por esto haya error y para convencerse de que este modo de numerar es el mas esacto, daremos el siguiente egemplo: supongamos que el rayo visual que se dirige coincide á la mitad del primer decímetro y se pregunta ¿que és lo que tiene que anotarse en la libreta? claro es que como no hay metros, en la línea de estos tendrá que ponerse cero; ¿y en cuanto á decímetros? tampoco hay ninguno completo, y de ello se infiere que en el lugar de los decímetros tambien se tendrá que escribir cero; y en cuanto á centímetros ya dijimos que coincidia en medio del primer decímetro, que son cinco centímetros, mas supongamos que afinado el nivel coincide dos milímetros mas arriba de los cinco centímetros, se escribirá asi; 0,052, de manera que, teniendo en cuenta lo espuesto, se escribe lo que se vé que es lo verídico (segun nuestra numeracion) sin discurrir ni esponerse á equivocarse como sucederia si hubiese 0,1 en lugar de 0,0 porque podria escribir aquel y no este, evitando con este método de que el nivelador discurra el por qué vé un número y escribe otro; de todo lo cual se infiere, que la numera-

cion de [illegible]os y decímetros debe estar un lugar adelantado del suyo ve[illegible]ro; y los números que ocupan el lugar de los metros sean ce[illegible]os ó enteros deben ser encarnados y los de los decímetros negros, para no confundirlos, porque podria suceder que en lugar de 2,^{m}3 se pusieran en la libreta 3,2; la fig. 7.ª representa una escala-mira estendida y desdoblada la que aclara todo cuanto podriamos decir sobre ello á la que denominaremos con el solo nombre de *escala*, allí se observa muy bien lo que dejamos esplicado, se vê que en los primeros diez decímetros del primer metro, se repite diez veces el cero encarnado con todos los números de 1 á 9: el número 5 y el 9 se pondrán romanos con el objeto de no confundirlos con el 3 y el 6, en nivelaciones largas es fácil, á causa de que con los anteojos (particularmente los franceses) se vén invertidos los objetos.

Otro ejemplo respecto á la numeracion de la escala: supongamos que se dirige una visual á la distancia de doscientos ó mas metros y á la parte superior del primer cuerpo de la escala que segun hemos dicho tiene 1.^{m} 6, si la numeracion estuviera en el primer decímetro el 1; en el segundo el 2, etc., resultaria que en el decímetro que hace un metro, estaria el 1 encarnado; y en el uno estaria el 1, 1, etc., y apareceria el uno seis en el 1,6 ¿y qué sucederia? que sin acordarse el nivelador, distraido, apuntaria en la libreta el 1,6 y despues contaria los centímetros que podrian ser nueve, y escribiria 1,69, ademas comprende el pelo ó hilo dos rayas de las pequeñas que cada una representa dos milímetros, escribiría á continuacion un 4, resultándole 1,694, siendo lo verdadero 1,594, ¿y cuál seria el resultado? que escribiendo lo que le ha parecido seguro por haberlo visto, se habia equivocado en un decímetro: mas ejemplos podiamos citar, pero creemos que ya no habrá la mas mínima duda. Queda sentado que la numeracion debe estar (en cuanto á decímetros) un lugar adelantada, para no esponerse á equivocaciones y que los nueves y cincos deben ser romanos. Como la nivelacion es lo mas

esencial para conseguir el fin que nos hemos propuesto, por esto nos hemos detenido en ella, practicándola con el instrumento mas sencillo cual es el nivel de agua; y aunque como hemos dicho ya, la marcha que se sigue con este nivel es la misma y la nivelacion practicada es lo muy bastante para levantar el perfil de una carretera, no obstante, puede ofrecerse tener que practicar la nivelacion para un canal de riego ó de navegacion, para un ferro-carril etc., y ya que sabemos las rectificaciones de los niveles de aire vamos á practicar otra nivelacion con el nivel figura 4.ª de la manera siguiente:

NIVELACION CON NIVEL DE AIRE Y ESCALA,

todo en metros.

Asegurados de que el instrumento se halla perfectamente bien, vamos á sacar el perfil del terreno C D (fig.ª 9.) Se colocará el nivel en un punto *n*, se girará á que caiga el anteojo sobre uno de los tres tornillos, se le tocará á este hasta que la burbuja esté casi en el centro sin afinarlo mucho, en seguida se girará hasta que el anteojo esté en la direccion ó paralelo á los otros dos tornillos, se les tocará á estos, á los dos á la vez hasta ponerlo á nivel.

Luego se le hará girar hasta ponerlo diametralmente opuesto al tornillo 1.° con que se niveló, aqui ya hay que afinarlo bien y hacer que la ampolla de aire esté perfectamente en el centro y para acabarse de asegurar de que está bien, se hará girar todo al rededor, y si la *burbuja* se sostiene en el contro del tubo de cristal, es evidente que está perfectamente nivelado; en seguida se dirige

la visual á la escala C de *Atrás* y suponiendo que el hilo horizontal de la retícula coincide con el centro ó al principio del cuarto decímetro, que como hemos manifestado tiene dos números grandes, uno encarnado que representa los metros y otro negro que marca los decímetros, cuyos dos números, el de los metros es *cero*, y el otro es *tres*, se escribirá en la libreta 0,3, se reconoce la burbuja y con mucho cuidado se vuelve á mirar y se observa que el rayo visual dá por encima del tercer centímetro, pero que no llega al cuarto, se escribirá otro *tres* y tendremos 0,33, por último, se nota que la punteria dirigida por el hilo horizontal, coincide en la parte superior de la tercera raya de las cinco en que está dividido, como los demas, el cuarto centímetro, (véase la fig.ª 5.ª) y como cada raya vale dos milímetros, serán seis de estos los que se escribirán á continuacion, y tendremos que la visual de *Atrás* nos dá 0,336; en seguida se gira á dirigir la visual de *Delante* á la mira *a*, se reconoce si ha variado algo la ampollita y si efectivamente se ha corrido algo, (si el instrumento es bueno no debe correrse nada) se toca el tornillo hasta ponerla perfectamente en el centro ó sea á nivel, se dirige la visual á dicha mira *a* (fig.ª 9.ª) y supongamos que la horizontal pega casi en la parte superior de la mira, que sabemos que toda ella tiene cuatro metros y cuatro decímetros, pero lo que observamos en la numeracion segun hemos dicho arriba, son 4.m 3, estos se escribirán en la libreta, nos aseguraremos luego de que el hilo coincide entre el noveno y décimo centímetro, esto es, que no tiene toda la mira que son 4,4 pero que ademas de los 4.m hay 9 centímetros, los cuales se escribirán á continuacion del 3 y se tendrá 4,39; últimamente se observará que dicho hilo dá en la primera rayita del décimo centímetro, que segun sabemos ya por la fig.ª 5.ª representa dos milímetros, los cuales se escribirán á continuacion del 9 y se tendrá para la mira ó escala de *Delante* 4,392.

Resulta pues, que escribiendo lo que se nota segun la numeracion de la *escala*, y siendo aquella un decímetro adelantado respecto á ella, se escribe la verdad.

La medicion se debe hacer con una cadena de diez metros (decámetro) por el mismo órden que digimos antes para la medicion en pies, con sus diez agujas etc., y suponiendo que entre C *a* hay 92 metros, se escribirán en la respectiva casilla, segun el modelo de libreta núm. 2.°, que es igual al que usamos para nivelar con nivel de agua, con la diferencia de que en lugar de pies castellanos se pondrán *metros*. Tenemos ya corriente la primera estacion que es como sigue:

		Metros.				
Estaciones.	Distancias.	Atrás.	Delante.	Diferencias parciales.	Diferencias generales.	OBSERVACIONES.
1	92	0,336	4,392	»	»	»

Las casillas de diferencias parciales y generales, se dejan en blanco para llenarlas despues cuando se hallen dichas diferencias por el método que ya dejamos esplicado, y en cuanto á la de observaciones, se podrán ir anotando segun ya sabemos, se hizo en la otra nivelacion.

Se muda despues el nivel á otro punto *n'* encargando al peon que tenga la *escala* (1) *a*, que *no* se mueva nada absolutamente, pero que con mucho cuidado vuelva dicha escala para que la numeracion de ella se pueda ver desde el punto *n'* (2) en el que se deben practicar las mismas operaciones con el instrumento hasta ponerlo á nivel, y dirigiéndose las visuales *Atrás* y *Delante* y suponiendo que *Atrás*, escala *a*, se observarán 0,102 y *Delante*, escala *b*, 4,280 se escribirán estos números en sus respectivas casi-

(1) Desde ahora llamaremos *escala* á esta clase de miras.

(2) En la nota de la página 33 se dijo que para escusar la operacion de volver la mira se podia numerar por los dos lados; en el mismo caso se halla la escala.

llas, y se hará la medida segun tenemos manifestado, la que dará 124 metros, los cuales se anotarán en su casilla respectiva que es la *Distancas*, é igualmente se escribirá el número 2 en la casilla de *Estaciones*; con lo que tenemos ya dos estaciones practicadas que son á saber:

		Metros.	
Estaciones.	*Distancias.*	*Atrás.*	*Delante.*
1	92	0,336	4,392
2	124	0,102	4,280

Ahora pasaremos á la tercera estacion: se mudará el instrumento á otro punto *n''*, encargando al peon de la mira *b* que haga la misma operacion que hizo el de la mira *a*, esto es, que sin moverla del punto la haga volver hasta poner la numeracion de frente al sitio donde se ha mudado el instrumento: la mira *a* se muda y pasa al punto *c*, despues de nivelar bien el instrumento se dirigirán las visuales *atrás* y *delante* é igualmente se practicará la medida, todo por los métodos que ya sabemos, y suponiendo que *atrás* tiene 0,530 y *delante* la mira *c* 4,022 y que la medida nos dá 182^{m}, se escribirán en sus casillas é igualmente el número de órden de estaciones que es el 3. Pasando ahora á la 4.ª estacion, mudaremos el instrumento á otro punto *n'''* y practicando la operacion segun ya tenemos esplicado nos dará: *distancia*, 58; *Atrás*, 0,060; *Delante*, 4,176; y en las observaciones se anotará lo que se observe y que se crea puede servir al efecto, ya sea para el perfil, como para el plano etc. Ahora se notará un terreno casi llano, esceptuando el arroyo Pedroso y por la razon que ya digimos pag. 35 de que mientras menos veces se mude el nivel, aun cuando desde un punto se hagan muchas estaciones, mas esxacta es la operacion ó los resultados de esta, por lo tanto colocaremos el nivel en *n''''* desde cuyo punto podriamos

practicar una sola estacion entre *d* y *h*; pero teniendo en cuenta lo que digimos en la otra nivelacion que haciéndolo de este modo no sacaríamos el verdadero perfil del terreno, á no ser que en las observaciones se hiciera un croquis y se acotara á la distancia que está el arroyo Pedroso, y la profundidad que tiene etc.: mas esta operacion no nos ahorraria trabajo ninguno y nos espondriamos á errores, lo mejor será amarrarlo todo dentro de la nivelacion y en estaciones, aun cuando tubiéramos que hacer algunas sin distancia, porque pondriamos *cero* en la respectiva casilla. Mudese pues el instrumento al punto n'''' y despues de nivelado dirijamos la visual á la mira *d* la que nos dará en el primer decímetro del tercer cuerpo de la escala que es 3,0 (véase fig. 7.ª) y además 4 centímetros y 6 milímetros, por lo que se escribirá en el *Atrás* de la 5.ª estacion 3,046, y sin girar el instrumento se dirigirá otra visual á la escala *e*, que es la que esta al borde del arroyo Pedroso, la que nos dará 4 metros, 1 decímetro, cero centímetros, y 4 milímetros, que se escribirán en el *Delante* de la 5.ª estacion 4,104. La distancia podrá ser de 84 metros; teniendo en cuenta lo que hicimos al practicar la nivelacion con el nivel de agua, de que cuando no se muda el instrumento para ir á otra estacion, se repite la cuota, escribiremos en *Atrás* de la 6.ª estacion el 4,104 que es el *Delante* de la 5.ª. En seguida se mandará bajar á un peon á lo mas hondo del arroyo Pedroso, pero sin apartarse de la enfilada, y se le dirá que suba la mira hasta que se alcance á ver en la horizontal ó visual que se dirigirá (segun se demuestra en la fig. 9.ª) y suponiendo que el peon la subió hasta poner el pie de la escala encima de su cabeza, ó del primer cuerpo de otra que es de 1.ᵐ y 6 decímetros que con 4.ᵐ y 4 decímetros, que tiene toda la otra mira, compondrán 6 metros por lo que se escribirá en la 6.ª estacion: *Atrás* 4,104 ; *Delante* 6,000; la distancia reducida al horizonte podrá ser de dos metros, que se anotará en la casilla de distancias, y en la de observaciones se escribirá: *termina en el fondo del arroyo Pedroso.*

Tal vez parecerá que este modo de operar es inexacto, porque se nos dirá que no es fácil sostener bien derecha la mira encima de la otra, pero desde ahora contestaremos sin miedo de equivocarnos, que el que asi lo considere es por que verá muy oscuro esta clase de operaciones. Ya digimos que cuando la cuota de *Delante* de la estacion que antecede, se copia en el *Atras* de la siguiente sin mover el nivel, no se comete error porque el en que se pueda incurrir se compensa al momento, y no se propaga ni estiendo á ninguna parte, quedando enterrado en su mismo punto, que es lo que siempre se debe preferir antes que esponerse á otros errores de peores consecuencias, y además se evita mucho trabajo, á causa de que sin necesidad de mover el nivel, se tiene ya hecho la mitad del trabajo de la estacion que sigue, habiéndose evitado la engorrosa operacion de arreglar el nivel, y asi es que sin doblar la libreta, se escribirá sin parar en el *Atrás* de la 7.ª estacion 6,000 que es el *Delante* de la 6.ª, ó sea la mira *f*, y sin mover el nivel se mirará á la mira *g*, la que nos dará 2,512 que se escribirán en el delante de la 7.ª estacion y tambien en el *Atrás* de la 8.ª: ahora se girará el anteojo hácia la mira *h*, se reconocerá muy bien la ampollita del nivel para averiguar si está perfectamente en el centro, se dirigirá la visual á *h* y se observará que el rayo visual por el hilo horizontal del nivel coincide encima del cuarto centímetro del primer decímetro cuya numeracion como ya sabemos, es 0,04; se afina el nivel y se vuelve á mirar hasta asegurarse de que el rayo visual pega encima de la primera raya del 5.° centímetro, que representa dos milímetros (fig. 5.ª) los cuales se escribirán á continuacion del 4 y tendremos en la escala *h* ó sea en el delante de la 8.ª estacion 0,042. La distancia de la 7.ª estacion reducida al horizonte, podrá ser de 8 metros y la de la 8.ª ó sea de *g* á *h* será de 223 metros; una y otra se escribirán en sus respectivos lugares.

A propósito nos hemos detenido en tomar el último dato, para demostrar que la exactitud de las nivelaciones consiste, en su ma-

yor parte, en asegurar bien la 1.ª y última visual para los enlaces de la estacion anterior con la siguiente, segun dejamos esplicado en la pag. 38 al esplicar la nivelacion con nivel de aguas; ademas se encargará al peon que tiene la escala que con mucha templanza y muy despacio, la incline atras y adelante, en cuya operacion no se apartará el ojo del observador de la reticula y observará con mucho cuidado los números que le marca el rayo visual en la escala, y anotará en la libreta el número minimun que haya observado que es el que corresponde al estado de la escala vertical, cuya posicion ha tenido en las posturas porque ha pasado inclinándola atras y adelante. Tambien seria muy conveniente que las escalas llevasen una plomada para hacer uso de ella en dichos enlaces.

Respecto á las seis estaciones que faltan hasta llegar al punto D se practicarán lo mismo que las que llevamos; apuntando todo muy cuidadosamente en sus respectivas casillas; con lo que se dá por terminada esta operacion, cuyos resultados colocamos á continuacion, puestas ya las diferencias parciales y generales.

(Se refiere á la figura 9).

NIVELACION EN METROS. Principia 86 metros al Sur de la esquina S. O. del cortijo de D. Francisco Perez, donde queda una peña con esta marca Λ.

Estaciones.	Distancias.	Atrás.	Delante.		Diferencias parciales.		Diferencias generales.	OBSERVACIONES.
1	92	0,336	4,392	—	4,056	—	4,056	Tierra y piedra.
2	124	0,102	4,280	—	4,178	—	8,234	Queda la marca 2.ª
3	182	0,530	4,022	—	3,492	—	11,726	Labradío.
4	58	0,060	4,176	—	4,116	—	15,842	Herial.
5	84	3,046	4,104	—	1,058	—	16,900	Marca 3.ª en el borde del Arroyo Pedroso.
6	2	4,104	6,000	—	1,896	—	18,796	Fondo del Arroyo Pedroso.
7	8	6,000	2,512	+	3,488	—	15,308	Pantanoso.
8	223	2,512	0,042	+	2,470	—	12,838	Por Prado. Vega de Pedroso.
9	46	4'242	0,114	+	4,128	—	8,710	Llano del rincon.
10	25	4.122	0,126	+	3,996	—	4,714	Terreno flojo.
11	48	4,262	0,022	+	4,240	—	0,474	Marca 4.ª
12	50	3,884	0,283	+	3,601	+	3,127	Cerro de Toro, monte bajo.
13	48	0,283	3,142	—	2,859	+	0,268	Terroso.
14	54	3,142	0,000	+	3,142	+	3,410	Termina 27 metros al Norte de la esquina N. O. de la nuer de Galves.
	1,044	36,625	—33,215	=	3,410			

Ahora se procederá á buscar las diferencias parciales, restando la cuota menor de la mayor en cada una de las estaciones de *Atrás* y *Delante*. En las primeras seis estaciones se observa que todas las cuotas de la casilla *Delante*, son mayores que la de la de *Atrás*, y por lo mismo á todas se les pondrá el signo *menos* que ya sabemos (—). Las seis siguientes, ó sea hasta la doce, tienen la cuota de *Atrás* mayor que la de *Delante*, y por esto se observa á primera vista que esta segunda tanda todas son subiendo, por cuya razon se pondrá el signo *mas* (+). La 13 tiene la cuota de *Delante* mayor, es decir, que baja y se le pondrá el —, y la 14 tiene mayor la cuota de *Atrás*, esto es, que sube, por lo que se le pondrá +.

Aunque esta operacion que vamos á practicar es la misma que ya tenemos esplicada en la nivelacion con el nivel de agua nos parece conveniente repetirla sin detenernos tanto como en aquella: la diferencia parcial de nivel de la 1.ª estacion, es de 4,056, que pasarán tambien á la primera casilla de *diferencias generales*; la 2.ª cuota parcial es de 4,178, que como la anterior fué bajando tambien; y como una y otra están por lo tanto debajo de la base, se sumarán y nos dará para la 2.ª estacion en las *diferencias generales* 8,234; la cuota de la 3.ª estacion es de 3,492 que por la misma razon se sumará con la cuota general anterior y serán 11,726; la 4.ª estacion por id. id. id. se sumará su cuota de 4,116 conlos 11,726 y resultarán para la general de dicha 4.ª estacion 15,842, y así sucesivamente hasta la 6.ª estacion inclusive en la que segun se observa resultan 18,796; la estacion 7.ª tiene el signo *mas*, esto es, que sube, y como la cuota general de la 6. tiene el signo *menos*, se restará aquella de esta por las razones que ya digimos en la pág.ª 47, y nos quedarán para la 7.ª 15,308; la 8.ª se halla en el mismo caso; la 9.ª id., y así sucesivamente se irán restando hasta la 11 estacion, que como se observa se quedará reducida á 0,474 debajo de la base ó sea con el signo *menos*, y como esta cuota general que le queda es menor

que lo que sube la estacion 12, no se puede seguir restando esta de aquella, por cuya razon se restará el 0,474 que es menor, del 3,601 que es mayor, y como esta mayor tiene el signo *mas*, resultará que la cuota de 3,127 se halla encima de la base, por lo que la señalaremos con el signo *mas*; ahora observaremos que la estacion 13, tiene el signo *menos* en su cuota parcial, pero que es menor que la general de la 12, y por esta razon se estraerá aquella de esta y se reducirá á + 0,268, por último; la estacion 14 tiene en su cuota parcial el signo *mas*, y como la 13 tambien tiene este signo, se sumarán y resultarán + 3,410.

Para convencernos de que esta operacion numérica está bien, se sumarán todas las cuotas de *Atrás* y *Delante* en sus respectivas casillas, y segun se observará aquellas nos dán una suma de 36,625 y estas de 33,215, por lo que al momento vendremos en conocimiento de que el punto C está mas bajo que el punto D, por ser la cuota de *Atrás* mayor que la de *Delante*, es decir, que segun nuestra marcha hemos subido, por cuya razon nos debe resultar la última cuota con el signo *mas*, se restará pues la suma menor de la mayor, y resultarán + 3,410, que es exactamente lo mismo que nos ha resultado al final de las catorce sumas y restas para las *diferencias generales*, las que hemos referido al punto de partida, cuya base nos servirá para trazar el perfil, segun se verá mas adelante, sin necesidad de poner otra base imaginaria que complicaria la operacion.

Hemos preferido el ser algo difusos dilatándonos demasiado en los trabajos de las nivelaciones, con el objeto de practicar los casos que con mas frecuencia pueden ocurrir en esta clase de operaciones; decimos esto porque con haber demostrado la marcha de una nivelacion practicando dos ó tres estaciones y decir: *las demas se ejecutarán de la misma manera* etc.; pues conocemos muy bien que todo el que sepa nivelar una ó dos estaciones podrá practicar mil y todas las que se ofrezcan, mas como este libro tiene el título de práctico, hemos querido egecutar prácticamente una nivelacion

presentando en ella todo lo que se pueda ocurrir, y los métodos para adelantar mucho y hacerlo bien; porque tenemos la conviccion de que el facultativo que se llegue á persuadir con todo el poder de su razon y forme juicio del fundamento de nuestro modo de nivelar; el que llegue á perder el miedo y á dominar al nivel, y se acostumbre á mirar la operacion con la claridad que ella es en sí, podrá practicar todas las que se le ofrezcan con despejo, libre desembarazo y sin impedimento alguno, bien y pronto, por dificiles y complicadas que le parezcan; por nuestro método hemos nivelado algunos cientos de leguas ejecutando todas las operaciones esplicadas, con órden y exactitud á dos y tres leguas por dia; una nivelacion bien hecha no es ninguna invencion, es una operacion muy sencilla y si algunos no sacan buenos resultados, como se nota frecuentemente, no es por lo dificil de la operacion, es mas bien por la dificultad que se figura el que la va á practicar.

Hemos practicado nivelaciones muy delicadas, por ejemplo un tunel para un ferro-caril cuya pendiente estaba al límite que no se podia despreciar una centésima de pie, y la hicimos con el nivel de aguas sirviéndonos de mira una vara de 30 pies de largo con un papel en la parte superior, pues bien, con dicho nivel y la vara sacamos un resultado tan satisfactorio como era de desear; aclararemos esta singularidad que parece se aparta de lo verídico y demostraremos su verdadera realidad. Supongamos que vamos á practicar una nivelacion entre A y B (fig. 13.ª) y que es un cerro que tiene 120 metros de alto; se averiguará la diferencia de nivel que hay entre A y B rodeando el cerro por A cuya nivelacion se hará con el nivel de aire (fig. 4.ª) y con la escala-mira (fig. 7.ª) se colocará el nivel en *n* se dirigirán visuales á dos escalas-miras que se habrán puesto una en A y otra en *a'*, cuya diferencia de nivel se anotará en la libreta; despues se mudará el nivel á otro punto *n'* y permaneciendo fija la escala *a'* se mandará pasar la que estuvo en A al punto B, y practicando las visuales se hallará que la diferencia de nivel entre A y B podrá ser de dos metros, y

la distancia reducida á la horizontal será de 200, de lo que se infiere que el tunel bajará á uno por ciento; dichos dos puntos A y B se dejarán muy bien marcados, ya sea con losas ó ya clavando estacas. Ahora bien, ya tenemos averiguada la diferencia de nivel que hay entre dos puntos, mas como para practicar los trabajos y abrir pozos es indispensable sacar el perfil del terreno por A C B fijando antes la línea recta por C, como este punto está 120 metros mas alto que A (fig. 14) resulta que aun cuando en cada estacion se suba cuatro metros se necesitan 30 estaciones para subir á C y otras 30 para bajar á B y ademas hay otro inconveniente y es: que como el terreno tiene tanta inclinacion y como con los anteojos de los niveles de aire no se vé cuando la distancia al objeto está muy cerca, se hace necesario el tener que colocar el instrumento fuera de la linea por lo menos unos 12 á 15 metros, operacion que atrasa mucho, particularmente cuando hay monte bajo y desigualdades en el terreno, á causa de que ó bien hay que cortar, allanar y quitar todos los estorbos que hay desde el punto donde se coloque el nivel hasta el pie de la escala, ó bien contentarse con ir hallando diferencias de nivel de la mitad de largo de dicha escala, en cuyo caso la operacion es muy pesada; todos estos inconvenientes se evitan con el nivel de aguas y una mira larga, y hé aqui por lo que dijimos y repetimos ahora que para ciertos acontecimientos se debe paeferir el nivel de aguas al nivel de aire, y la escala de $4^m,4$ se puede sustituir con una vara ó caña de 10^m dirigiendo las visuales á la parte superior de dicha vara á donde se habrá colocado un papel ú otra señal á una medida dada que podrá ser de 10 metros, de lo que resultará que con 11 estaciones de subida y otras tantas de bajada se podrá practicar la nivelacion A C B y sacar el perfil que representa la (fig. 14) en lugar de las 60 estaciones que se necesitarian por lo menos con el nivel de aire.

Si al llegar al punto B con la nivelacion practicada con el *nivel de aguas* se notare alguna diferencia respecto á la que

se hizo con el *nivel de aire* rodeando el cerro por *a a'* se quitará á aquella lo que esceda suponiendo siempre que la verídica y exacta es la que se practicó con el nivel de aire, tanto por la bondad de este instrumento, tanto porque no se han practicado mas que dos estaciones y no es facil haya habido equivocacion, ademas que como la operacion es tan corta se puede repetir dos ó mas veces hasta asegurarse bien de la diferencia de nivel entre A y B. Si resultase una diferencia notable de la nivelacion con nivel de aguas de la que se practicó con el de aire, se repetirá la operacion, pues conviene mucho en el caso que nos ocupa que las dos nivelaciones se comprueben, la primera ó sea la del nivel de aire, para fijar la rasante y la segunda para sacar con exactitud el perfil de la montaña por si hay que construir pozos para el adelanto del taladro.

Si se ofrece nivelar una gran encañada para el establecimiento de un gran puente, viaducto etc. cuyas laderas sean de muy fuertes pendientes y con precipicios peligrosos, se podrá sacar el perfil de un modo análogo al que acabamos de esplicar. Suponiendo que hubiese que practicar una nivelacion para sacar el perfil entre los dos cerros M *m* (fig.ª 12), se tomarán los estremos con el nivel de aire colocando este por ejemplo en un punto *n* y dos miras ó escalas en los puntos M *m* y despues de asegurados bien del desnivel que hay entre dichos dos puntos, el que se habrá averiguado con una sola nivelada, se procederá á practicar la nivelacion con el nivel de agua y una mira lo mas larga posible, teniendo mucho cuidado de comprobar la operacion y adaptarla al desnivel que se halló con el nivel de aire, que es el verdadero. Como para hallar el desnivel con el nivel de aire, se ha colocado aquel cerca de un estremo y la mira en otro, podrá influir algo el error respecto del nivel verdadero al aparente, en cuyo caso se descontará á la altura de la mira de delante segun la distancia que resulte con arreglo á la tabla que hemos colocado en la pág.ª 50 y que basta para los usos comunes de las nivelaciones.

Ejemplo: supongamos que entre M y *m* hay 1.200 pies y que

de M á *n* hay 50, de lo que se deduce que entre *n* y *m* quedan 1.150 deducidos los 50 qne hay de M á *n* quedarán 1.100 pies y suponiendo que la mira M segun la visual nos dá 4,34 pies y la *m* 14,66 resulta que la diferencia de nivel serán 10,32 pies; se acude á la tabla en la que se nota que á la distancia de 1.100 pies le corresponde 0,02 de lo que se infiere que el verdadero desnivel entre M y *m* es de 10,30.

Aunque hemos demostrado lo insignificante que son los errores que se pueden cometer en las nivelaciones ordinarias respecto al nivel aparente con el verdadero, no obstante, debemos advertir á los niveladores que traten siempre de colocar el nivel próximamente en medio de las dos miras y si en una estacion colocan el instrumento 100 ó mas pies mas retirado de una mira que de la otra, que procuren en la estacion siguiente retirarlo otro tanto poco mas ó menos de la que estuvo mas cerca y quedará compensado. Hablamos con respecto al *atrás* y *delante* de cada estacion.

Los dos ejemplos que hemos mencionado para la nivelacion de un tunel y de un viaducto, en el primero exigimos la comprobacion exacta de las dos nivelaciones que en él se practican, mas en el segundo debemos decir que estando seguros de que la visual con el nivel de aire está bien tomada aun que en la nivelacion que se practique con el nivel de aguas resulte alguna diferencia no se debe tener en cuenta y si fijar la rasante con la 1.ª; y la 2.ª servirá para el perfil del terreno y para establecer el puente; si sale medio pie (por ejemplo) de error no se propaga á la rasante, y todo se reduce á que el puente sea de un pie mas ó menos de alto.

BRUJULA.

Al mencionar los instrumentos, manifestamos lo útil que es la Brújula para levantar el plano de un camino y ahora que vamos á hacer uso de ella, acabaremos su definicion espresando minuciosamente sus circunstancias y propiedades. Este instrumento lo han considerado los Geómetras hasta hace pocos años imperfecto, y así es que solo lo usaban para orientar los planos, pero en el dia son tan conocidas sus ventajas que se emplea con éxito en muchas clases de operaciones.

La Brújula, es una caja cuadrada (fig.ª 10) que segun ya se dijo en las página 27 tiene un círculo dividido en 360 partes que se llaman grados, en el centro de este círculo y perpendicular á su plano tiene un estilo de acero cuya punta sostiene una aguja imantada engarzada en el centro con una piedra agata, con el ebjeto de que aquella obedezca con su equilibrio á la atraccion natural hácia el polo Norte del mundo: su declinacion no es axactamente al polo, segun digimos página 27, por eso se designa con *Polo magnético* (1). La graduacion está elevada á la altura del estilo á fin de que las puntas de la aguja enrasen, pero sin tocar en el limbo graduado, para que se lea con facilidad

(1) Esta línea la designaremos en la Brújula, plano y trasportador, con los nombres de N. S., M. que quiere decir Norte Sur Magnético; N. S.= Norte Sur, y 0° 180.°

la graduacion: el lado de la aguja que se dirige al Norte, está pabonado de color azulado, y el otro pulimentado y blanco; todo cubierto con un cristal, y ademas una tapa de madera que se quita para operar; para que la aguja no se degrade, se la levantará con una palanquita acodada, sujetándola contra el cristal cuando no se practica con ella, y dejándola en libertad cuando se egecutan operaciones.

En el costado derecho de la caja tiene un anteojo *a b* figura 10 y *t* figura 11 en forma de alidada que se mueve y se inclina por medio de un eje *e* con el objeto de poder dirijir visuales á puntos que estén mas altos ó mas bajos que el plano del instrumento, sin que por esto haya ningun error, á causa de que como el limbo siempre permanece horizontal, los ángulos se reducen á su proyeccion. Tambien suele llevar la Brújula un semicírculo graduado y colocado verticalmente en uno de sus costados con un nonius para tomar las inclinaciones del terreno, esto es muy útil para tomar los perfiles trasversales en los estremos de las enfiladas haciéndola girar 90° al de la direccion del proyecto, para que la trasversal sea perpendicular segun luego esplicaremos; tambien hablaremos algo de los perfiles trasversales despues de que sepamos ejecutar el longitudinal.

La Brújula se colocará en un Trípod (fig.ª 11) y se pondrá horizontal, lo cual se conocerá cuando se vea enrasar la aguja por sus dos puntas con la parte superior del limbo: algunas Brújulas tienen uno ó dos nivelitos de aire para nivelarlas, estas son las que generalmente tienen semicírculo de pendientes por grados, para poder medir con esactitud las inclinaciones, y cuestan mas caras.

La Brújula, como todos los demas instrumentos, presentan al principio grandes dificultades á todos los que los usan por primera vez, aun cuando sean sobresalientes matemáticos: los que carecen de la práctica suficiente, se conturban y discurren mirando estos inconvenientes como insuperables. Cuando se hace uso de

la Brújula, se observa que algunas veces las oscilaciones de la aguja hacen dificil la lectura en el limbo, de los grados que marca y que se corre una porcion del limbo sin fijarse, pero este movimiento se puede detener por medio de la palanquita acodada sujetándola en el medio próximamente del espacio que recorrió en su primera oscilacion, y en seguida se la vuelve á dejar en libertad para que se fije como se ejecutará á los pocos momentos y entonces se podrá leer con facilidad el número de grados que abraza.

La Brújula para ser esacta, tiene que reunir las circunstancias siguientes: que las puntas de la aguja sean muy finas; que dichas puntas no toquen al limbo, pero que se aproximen todo lo posible; que las dos puntas se correspondan perfectamente, es decir, que el ángulo que marque la punta oscura sea precisamente el mismo que marque la blanca mas 180.°, de manera que si la punta negra marca por ejemplo 15.°; la blanca debe abrazar 195.°; y si aquella señala 345.°, esta marcará 165.°, porque 195—15=180; y 345—165=180; cuando una punta señale cero ó sean los 360.°; la otra debe marcar 180.°; por último, que las divisiones del circulo estén muy bien trazadas.

Cuando se traza un camino, se suelen tomar á la vez los datos para el plano y perfil, es decir, que se puede practicar la nivelacion, segun hemos esplicado, y al mismo tiempo tomar los rumbos con la Brújula, con solo añadir una casilla mas á la libreta (modelo núm. 1.°) para escribir en ella los rumbos; dicha casilla se debe fijar la segunda de la libreta ó sea la primera despues del número de órden de las estaciones, (véase modelo núm. 2.°) á causa de que por lo general es la primera operacion que se hace en la estacion; porque así como digimos que en las nivelaciones no se puede poner su desnivel, sino en el fin de cada una de ellas, en los arrumbamientos es á la inversa, pues se toman desde el principio de cada estacion: la práctica aclara mas que lo que pudieramos decir.

Sin perjuicio de que cuando se ofrezca levantar el plano y perfil de una via, se podrá hacer todo á la vez, daremos por separado las esplicaciones convenientes para el levantamiento del plano aisladamente, á saber:

LEVANTAR CON LA BRUJULA

el plano para un camino.

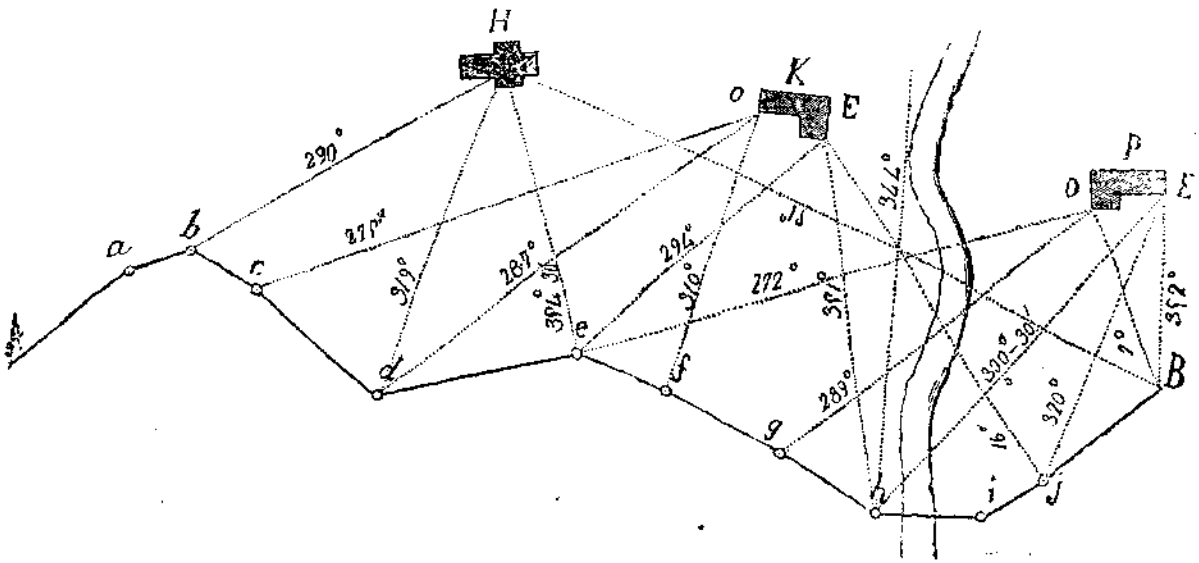
Supongamos un terreno (fig. 12) en el que vamos á trazar una carretera entre los dos puntos A y B y dando por sentado que ya se han hecho los tanteos necesarios segun se ha manifestado, y que están decididos los puntos principales, que podrán ser A *a b c d e f g h i j* B se colocará la Brújula en A y como los tanteos hechos habrán demostrado que de irnos en línea recta desde A á *d*, habria que practicar un gran desmonte en el cerro S, rodearemos este por *a b c* y colocando una banderola (que todos saben lo que es) en *a* se dirige una visual á dicha banderola *a*, se deja que pare del todo la aguja, y en seguida se observará el número que marca en el limbo la punta que se dirige al norte magnético; y supongamos que nos dá 295.°, se anotarán en la primera estacion de la libreta, en la casilla donde dice *Rumbo*, sin cuidarse de averiguar si estos grados son *Norte, Sur, Este* ú *Oeste* cuidando de que todos los rumbos, bien del seguimiento ó bien adicionales, se tomen siempre con el *Norte adelante*, tambien se podrian tomar con el Sur adelante, pero es mas fácil llevar el Norte, lo uno porque las Brújulas generalmente tienen colocado el anteojo ó alidada á la derecha, puesto el Norte adelante, y lo otro porque es mas sen-

cillo partir de 0.° que de 180.°, en seguida se medirá la distancia entre A *a* que podrá ser de 94 pies, los cuales se escribirán tambien en la primera estacion de la libreta y en la casilla donde dice *Distancias* (véase modelo núm. 5): luego se trasladará el instrumento al punto *a* y se colocará de manera que el anteojo caiga perfectamente sobre el bujero donde estuvo clavada la banderola, (decimos el anteojo y no la Brújula, con el objeto de evitar el pequeñísimo error que llaman escentricidad) se practica la misma operacion, mirando por el anteojo á la banderola y se observará la punta del aguja, se leerá el número del limbo á que coincide aquella, y suponiendo que nos dá 278,° 30′, se anotarán en la respectiva casilla de la segunda estacion.

Con el fin de comprobar despues la operacion y ademas el de fijar en el plano algunos objetos sin necesidad de llegar á ellos, se dirigirán visuales á lugares conocidos, y asi se dirigirá una desde el punto *b* al campanario de la ermita H (véase croquis núm. 5) se leerá en el limbo el número de grados que marca la aguja y suponiendo que son 290.° se escribirán, segun se vé en el croquis núm. 5, y además en la casilla de *observaciones*, y en la línea correspondiente á la tercera *Estacion* de la libreta esplicándose segun se vé en el adjunto modelo de arrumbamientos practicados, referentes á las figuras 12, 15′ y 16.

El rumbo de la enfilada de *b* á *c* será de 256.° 30′ los que se anotarán como igualmente la distancia de 40 pies.

CROQUIS NUM. 5.



PLANO PARA UN CAMINO.

Arrumbamientos y medidas referentes á las figuras 12 15′ *y* 16.

Estaciones.	Rumbos. Grados.	Rumbos. Minutos.	Distancias. Pies castellanos.	OBSERVACIONES.
				Nota. Todos los rumbos adicionales se tomarán al principio de las enfiladas á que se refieren
1	295	»	94	Principia 60 pies al O. de la casa de Crespo. P. G.
2	278	30	42	
3	256	30	40	290° á la ermita H.
4	229	30	105	275° esquina O de la casa K.
5	269	»	131	319° 30′ á H; 287° esquina O de K.
6	244	15	47	272° esq.ª O de P; 294° esq.ª E de K; 254—30′ á H
7	235	»	97	310° esquina O de K.
8	230	»	83	289° esquina O de P.
9	251	15	60	300°—30′ esq.ª E de P; 351.° esq.ª E de K; 344° T del rio.
10	270	10	45	No se tomó rumbo adicional.
11	282	30	118	320.° esq.ª E. de P; 16° esq.ª E. de K.
			862	Desde fin de la 11 estacion: 352° esq.ª E de P; 7.° esq.ª O de P; 51.° H.

Despues se traslada la Brújula al punto *c*, se toma la enfilada *c d*, cuyo rumbo será de 229.° 30′, y la distancia de 105 pies, uno y otra se anotarán en sus respectivos lugares, desde *c* se puede dirigir una visual al ángulo O de la casa K, cuyo rumbo es de 275.° y se escribirán segun se nota en el croquis núm. 5: y en las observaciones estacion 4.ª del adjunto registro que dice *plano para un camino*. Se traslada la Brújula al punto *d* se toma la enfilada *d e*, cuyo rumbo será de 269,° y su longitud 131 pies, y despues de anotarlos, se podrán tomar dos rumbos, uno á la ermita y otro á la casa K, los que nos dará 319.° 30′ y 287,° 30′ que se anotarán en el croquis núm. 5; este se irá haciendo á ojo segun se observa en la figura y además se escribirá en la libreta. Otro método de ir comprobando la operacion es el dirijir una visual á la estacion anterior, por ejemplo: ahora que estamos en el punto *d* se hecha una al punto *c* y se observa si nos dá con la punta blanca de la Brújula el mismo rumbo que nos dió con la oscura desde *c* á *d*; y si no se quiere observarlo con la punta blanca, se da media vuelta á la Brújula á que caiga á la izquierda el anteojo é invirtiendo este haciéndolo girar sobre su eje *e*, esto es, si el anteojo no es de los que se pueden invertir levantándolo, se dirigirá la visual y se mirará á ver si da el mismo rumbo desde *d* á *c* que dió desde *c* á *d*; se pasa á *e* y haciendo centro en este punto se tomará la enfilada del trayecto *e f* que nos dará de rumbo 244.° 15′, y 47 pies de línea; se dirigirán tres visuales: 1.ª á la esquina O de la casa P; 2.ª al ángulo E de la casa K; 3.ª á la ermita; cuyos rumbos son 272.°, 294.°, 354.° 30′, los cuales se escribirán en el croquis y en la libreta; y pasando el instrumento á *f* se tomará la enfilada *f g* del trayecto y la distancia entre dichos dos puntos, y además se dirigirá una visual al ángulo O de la casa K y despues de anotarlos todos en sus respectivos lugares, segun modelos, se trasladará la Brújula á *g* desde donde se tomará el rumbo *g h*, y el del ángulo O de la casa P, los que se escribirán igualmente segun modelos, y pasando á *h*, se tomará la direccion *h i* del trayecto, que es la que

atraviesa el rio, y que ha de servir para el establecimiento del puente y nos dá 251.° 15′: desde este punto, haciendo vértice en él, se pueden tomar los rumbos siguientes: angulo E de la casa P; ángulo E de la casa K. Tambien se pueden echar una ó mas visuales para que nos dén próximamente la direccion del rio á derecha é izquierda; con el rumbo 344.° que como se observa pasa tangente al rio, se puede marcar este con las anotaciones que se notan en el croquis y figura, cuyas esplicaciones escusamos dar, porque con hacerse cargo de la figura, no puede ofrecerse la mas mínima duda.

Pasando la Brújula al punto *i*, se tomará el rumbo y distancia *i j*, que se anotarán y pasando á *j*, desde cuyo punto se enfilará á B y ademas al ángulo E de la casa P y al E de la casa K, se observará que sus rumbos son: de *i* á *j* que es la décima estacion, 270.° 10′; al ángulo E de la casa P 320.°; al ángulo E de la casa K 16.° y unos y otros se escribirán en la libreta y croquis, como igualmente las distancias de las enfiladas que asimismo se anotarán en el croquis con algunos rumbos de dichas enfiladas á fin de que no pueda caber la mas mínima duda al tiempo de la trasportacion al papel. Podria ocurrir el ofuscarse alguna vez y creer por ejemplo: que el rumbo 244.° 15′, correspondia á la línea *d e*, mas haciéndose cargo de que el que le sigue en la libreta es el 255.° y que está ademas anotado en el croquis en la línea *f g*, no queda la menor duda de que el 244.° 15′, es el correspondiente á la enfilada *e f* y no á la *d e* como equivocadamente se habia supuesto.

Bien conocemos que las esplicaciones que vamos dando son algo pesadas y que (si se quiere) hasta deslucimos la ciencia, mas debe tenerse entendido que para lo que ocurre generalmente en la práctica todavia aparecerán ligeras, y que sobre todo son muy exactas. Ya hemos manifestado y volvemos á repetir, que las grandes equivocaciones provienen las mas veces de lo mas insignificante de una operacion y es cosa probada que el escribir algo mas, un número, por egemplo, evita muchas veces, el perder todo el

trabajo practicado en un dia, y en una semana, segun queda demostrado en la pág. 30.

Hemos concluido de tomar los datos necesarios para la formacion del plano en todo el terreno A B, (fig.ª 12) ahora si se quiere se podrá pasar la Brújula al punto B y tomar los rumbos á la esquina Ó de la casa P, y otro á la ermita para anotarlos en la libreta y croquis dando por terminada la operacion que nos ha ocupado hasta ahora, que llamaremos *de campo*. Advertiremos que no hemos querido complicar dicha operacion con egemplos difíciles, sitios inaccesibles, bosques espesos, terrenos pantanosos y cercados, medidas de rios por líneas prolongadas etc. porque estamos seguros de que el que aprenda á practicar las operaciones del modo que las hemos esplicado, no podrá menos de resolver todas las que se le presenten. Segun hemos fijado la ermita H y las dos casas K y P se pueden fijar otros lugares sin necesidad de llegarse á ellos, pues con solo medir una línea que sirva de base, en lugar de nuestro seguimiento A *a b c* etc. se obtiene el resultado que se desea y este es el sistema llamado de *intersecciones*. Aqui debemos advertir que como todas las operaciones *Geodésicas* estriban sobre la *base*, que la medida de dicha *base* es una de las operaciones mas delicadas éimportantes de la *Geodesia*; de su exactitud y de la medición de los ángulos es de lo que depende la determinacion rigorosa de las distancias y de los objetos.

Con los datos que ahora tenemos reunidos en la libreta y en croquis, vamos á trasladar al papel todos los ángulos; para esta operacion se usa un semicírculo de asta ó de cancha, ó un circulo de bronce con una alidada y nonius que se llama *trasportador*, si bien nosotros preferimos el círculo completo, pudiendo suplir al de bronce uno de papel (fig. 15). La Brújula segun ya sabemos está dividida de 0.° á 360.°, desde el Norte pasando por el *Este Sur* y *Oeste* para volver al Norte, (fig. 10) cuya numeracion está repetida en el trasportador (fig. 15). Con dicho *trasportador* se pueden fijar en el papel todos los ángulos de la circunferencia

sin necesidad de hacer sumas ni restas; por esto decimos que el trasportador mas util es un círculo completo dividido en 360 grados como lo está la Brújula.

Cuando la visual es á la derecha del Norte, el ángulo que marca en el terreno, es hácia la izquierda y vice versa; por esta razon representamos en el trasportador fig. 15, dos divisiones numeradas, la interior que vá de izquierda á derecha representa la de la Brújula, la otra que vá de derecha á izquierda es la que se debe usar para la trasportacion al papel. Si la Brújula con que se toman los ángulos tuviese la division invertida, en este caso deberia ser normal la del trasportador, esto es, de izquierda á derecha; de lo dicho se deduce *que si la Brújula está dividida de izquierda á derecha, el trasportador debe estar dividido de derecha á izquierda y vice versa.*

Si por casualidad algun Geómetra trasportase alguna vez con un trasportador que tuviese la graduacion del mismo modo que la Brújula, puede aprovechar su trabajo con volver el papel y pasar de tinta por el reves el seguimiento que haya construido. Esta operacion se puede hacer sobre los cristales de una ventana ó balcon donde haya buena luz, ó sobre un calcador de cristal.

TRASPORTACION.

Los métodos de la trasportacion de los ángulos al papel, son varios, á saber: 1.° se tira una línea imaginaria que llamamos *Norte Sur*, que suponemos es la misma, de la Brújula que vá de 180.° á 360.°, y sobre esta línea se van marcando los ángulos; en la fig. 15 se vé que la prolongacion de la línea A *a* vá al núm. 295.° del trasportador que es el rumbo que tiene la 1.ª estacion cuyo ángulo vale 65.° y cuyo núm. 65.° tambien abraza el correspondiente al de la Brújula pero ya invertido, porque como ya sabemos, al tiempo de girar á la derecha la Brújula y anteojo; la aguja giró á la izquierda á marcar el n. 295.° en el punto *r* de la fig. 10; como la línea N. S. vale 180.° y el ángulo *a* N A vale 65.°, es evidente que el ángulo *a* S A debe valer 115.° que es el complemento hasta 180.°, valor de la línea 0.° á 180.°; ahora se pasa la línea N. S. paralelamente al punto *a* y se practica la misma operacion, aplicando el trasportador de manera que coincida la línea de 0.° 180.° con la N. S. que hemos trasladado al punto *a*, se marcan los 278.° y 30′ de la 2.ª estacion, se levánta el trasportador, y desde *a* al punto marcado, se tira una línea de lápiz, sobre la que se mide la distancia etc. y asi se vá siguiendo hasta concluir.

Este método es de los que mas se usan, pero es algo pesado y espuesto á errores á causa de las muchas veces que hay que correr la base.

Otro método: tambien se forma una tabla segun modelo número 4, en la que se fijan todos los grados que vuelven las enfiladas á derecha é izquierda, relacionados siempre con la línea anterior, segun se esplica en la misma tabla, con cuyo trabajo no hay que hacer al trasportar, mas que prolongar de lápiz la línea anterior á la que se adapta la línea 0.° 180.° del semicírculo de asta ó del círculo, y se miden los grados etc.

Este método aunque sencillo, tiene algunos inconvenientes que en todas las enfiladas hay que prolongar las líneas de lápiz un poco mas que el rádio del trasportador para poder medir los grados del ángulo, haciendo centro ó vértice en todos los finales de las líneas que cambien de direccion, de lo que se infiere que es muy fácil cometer un error que se propaga á toda la operacion.

El método mas pronto y menos espuesto á errores, es el siguiente: se tira una línea de lápiz en el papel á la que se adapta el trasportador (fig.ª 15) de manera que coincida la línea 0.° á 180.°, con la que se ha fijado sobre el papel, se taladra el trasportador haciéndole un agujerito que esté perfectamente en el centro, y por dicho taladro se hace en el papel á donde vamos á fijar el plano, un punto de lápiz, y otro tambien de lápiz tangente en la circunferencia y en el mismo grado que nos marque la libreta, que segun ya se sabe, en nuestra operacion, es 295.° el de la primera estacion ó enfilada, y al lado del punto de lápiz se escribirá un 1 tambien de lápiz, despues se hace otro punto en el grado 278—30′, tambien fuera del círculo, pero tocando á él, y al lado se anotará un 2: se observará á la libreta donde se verá que á la enfilada tercera corresponde la graduacion 256.° 30, en cuyo punto se hará otra señal, y junto á ella el número 3, y asi sucesivamente se irán poniendo puntos con un lápiz muy fino y al rededor del círculo en todas las graduaciones que nos marque la libreta y croquis hasta seis, ocho ó diez, (1) sin olvidarse de poner el número de órden, bien sea el mismo de las enfiladas, ú otra numeracion que se adopte para cada série. Despues de marcada una série de enfiladas se levanta el círculo trasportador (2) y des-

(1) Hay que tener mucho cuidado que la línea 0.° 180.° del trasportador coincida perfectamente con la N. S. del papel.

(2) Tambien se puede trasportar sin levantar el trasportador sacando á fuera de este el punto de partida y siguiendo segun lo esplicamos. La figura 15′′ representa la misma figura 15′ trasportada sin levantar el círculo habiendo sacado el punto de partida fuera de sí. Representa la mitad porque se ha hecho con escala doble.

de el punto que coincidió con el centro del mismo, se tirará una línea de lápiz al punto núm. 1, se medirán con el compás en la escala las distancias, que segun sabemos ya la de la 1.ª estacion es de 94 pies y con la misma abertura de compás, se marcará en la referida línea y se hará un punto al extremo de dicha distancia, que donde corresponde el punto *a*, el final de la primera enfilada, al que ademas se le hará un pequeño círculo para distinguirlo; en seguida se aplicará la escuadra desde el punto donde se hizo centro (que como ya sabemos es en A) al punto núm. 2, y apoyando una regla á un lado de la escuadra, se hará correr esta hasta que el lado que estuvo entre A y 2 llegue al circulillo que hicimos al final de la primera enfilada, y desde dicho punto se retirará una línea de lápiz, que es la que corresponde á la segunda enfilada, y sobre esta línea se medirá la distancia de la misma enfilada, que segun se observará en la libreta es de 42 pies, á cuyo extremo está el punto *b*, como se demuestra en el croquis y fig. 12 y 15', ahora se volverá á practicar la misma operacion, aplicando la escuadra entre A y 3 y adaptada la regla á dicha escuadra, se correrá esta hasta encontrar el final de la segunda enfilada, desde cuyo punto se tirará la línea que coresponde á la tercera estacion, y sobre ella se marcará la distancia de 40 pies, que son los que tiene de longitud, y se hará el círculo de lápiz: luego se aplicará la escuadra otra vez desde el mismo punto A al núm. 4, y aplicada la regla contra la escuadra, se correrá esta hasta encontrar el pequeño círculo y punto que está al extremo de la enfilada tercera punto *c* del croquis, y desde dicho punto, se tirará la línea cuarta indefinida, (3) y sobre ella se marcará la distancia 105 pies, que son los que corresponden á la cuarta estacion á cuyo final se hará el circulillo que ya sabemos, y en seguida se volverá á aplicar la escuadra entre A y el punto 5, se hará la misma operacion de correr la escuadra hasta hallar el extremo ó final de la línea anterior, se tirará la directriz y se me-

(3) Lo que sobre de línea se borra despues con la goma elástica.

dirán los 131 pies que marca la libreta segun ya sabemos. Se volverá á poner la escuadra desde A al puntito 6, y arrimada la regla á la escuadra, se correrá esta hasta encontrar el final de la línea anterior, desde cuyo final se tirará la línea de lápiz, y sobre ella se medirán los 47 pies poniendo al fin un punto y dos circulillos concéntricos para indicar que en dicho punto tenemos que volver á hacer otro centro, y á él tenemos que correr la base que segun no debemos ignorar es la Norte Sur magnético ó sea 0.° 180.°, esto es suponiendo que en la primera série marcamos seis enfiladas.

Se adaptará una escuadra á la línea N S y á dicha escuadra una regla, se correrá aquella hasta encontrar el final de la sesta enfilada, en cuyo punto se tirará una línea que será la N. S. que nos ha servido de base, es decir que es la misma línea que tiramos en A, la que vamos á fijar en *e*, por cuya razon indispensablemente tienen que ser paralelas; ahora se aplicará el círculo de papel, de manera que la línea 0.° 180.° coincida muy exactamente con la línea N. S. que acabamos de tirar en *e* y ademas es necesario que el centro del círculo graduado coincida en dicho punto *e*, lo que se verificará haciendo convenir el taladro del dicho centro del círculo con el mencionado punto que hicimos en el centro de los dos circulillos concéntricos; en seguida se practicará la misma operacion que ya sabemos, esto es, se hará un punto tangente al círculo trasportador, pero en la graduacion 235.° que tiene la sétima enfilada, y al lado de dicho puntito se podrá poner el núm. 7 que es el de la estacion, pero como esta es otra série, se puede poner nueva numeracion principiando por 1, 2, 3 etc., porque esta numeracion no es mas que para mientras se trasporta, despues se borra con la goma elástica; se marcan los rumbos de la séptima á la once enfilada, que segun se nota son 235.°; 230.°; 251.° 15′; 270.° 10.′ y 282.° 30′, con sus puntos y números correspondientes; se tirará la primera enfilada de esta série, lo mismo que se tiró la primera de la otra, que es desde el punto donde hemos hecho centro en *e* al

número 1 de lápiz y sobre esta se medirá la distancia de 97 pies que tiene de línea la 7.ª estacion y las demas se practicarán segun llevamos esplicado en la primera série, hasta trasportar todo lo anotado en la libreta y llegar al punto B, con cuya operacion tendremos fijados en el papel los ángulos correspondientes á los que hemos recorrido en el campo.

Para fijar los lugares y objetos se corre la línea N. S. al punto *b*, adaptaremos el círculo trasportador á dicho punto *b*, y haciendo coincidir su centro con el final de la línea *a b* y su línea 0.° 180.° con la Norte Sur que hemos trasladado desde A á *b*, teniendo cuidado que el cero ó lo que es lo mismo los 360.° corresponda al N; un descuido trasformaria toda la operacion: se marcará con un lapiz fino en donde coincida la graduacion 290.° rumbo de la ermita H y se trazará una línea desde dicho centro ó punto *b* y el marcado; despues se pasará otra paralela N. S. al punto *c*, en donde se hará centro con el círculo trasportador, y despues de marcarse con un lápiz en él 275.° que es el rumbo de la esquina O de la casa K, se hará igual operacion, esto es, que desde dicho centro y el punto marcado se tirará una línea indefinida. Ahora se correrá la línea N. S. al punto *d*, (1) á la que se aplicará el círculo trasportador, con mucho cuidado, que su centro coincida en el punto *d*, final de la línea *c d*, y despues de marcar la graduacion, que segun ya sabemos es 319.° 30′ y 287.° 30′, se tirarán las líneas indefinidas, desde el mencionado centro y los referidos puntos: se continuará pasando con la escuadra la línea N. S. al punto *e* en donde se hará centro con el del círculo, y marcaremos los grados que indica la libreta y fig. 12, á saber: 272.° 294;° y 354.° 30.′; y así sucesivamente, se irán pasando paralelamente las líneas N. S. á todos los puntos donde hayamos hecho

(1) Sino se quiere correr la N. S. se toman los rumbos con la escuadra y aplicada á esta la regla se corre aquella á encontrar los puntos marcados y desde estos se tiran las líneas indefinidas y á donde se corten tres, por lo menos, será el punto á donde se dirigieron las visuales.

centro para tomar objetos que en nuestro seguimiento han sido la cruz de la ermita y las esquinas de las casas K y P, desde los puntos dichos y los que falta que son *f g h j* B. Para no confundirse con estas líneas, y saber á primera vista á donde han sido dirigidas las visuales, se podrán anotar con el nombre del objeto, por ejemplo: á la línea 290.°, se le puede poner un letrero de lápiz que diga: *al campanario de la ermita* H, y así en todas las demas, se anotará el nombre del lugar á que fué dirigida y el número de la graduacion para no confundirlas, por ejemplo: las dos líneas tiradas desde *d*, á la una se le pondrá su número 319.° 30′, y á la otra tambien su número 287.° 30′ como á todas las demas.

El metodo que hemos esplicado para fijar objetos, lugares etc. se denomina *por intersecciones*, porque efectivamente, donde se interceptan tres ó mas líneas, allí se fija el punto del objeto. Cuando la Brújula es buena y el objeto á que se ha mirado es fino, como una aguja, una veleta etc., suelen salir las intersecciones muy bien, lo que prueba no solamente la verdadera posicion del objeto, sino que tambien se puede asegurar que en la operacion del seguimiento, no hay equivocacion grande ni pequeña en los rumbos ni en la medida: de manera que el Geómetra que practica una operacion, se llena de satisfaccion al verla comprobada por las intersecciones.

De lo dicho se infiere, que cuando no haya objeto á que dirijir visuales, se debe poner una banderola en un punto elevado y á propósito, para que se le puedan dirijir muchas, de forma que á lo menos sean tres; tambien se puede comprobar la operacion dirijiendo visuales á los puntos ya marcados del mismo seguimiento, este método es muy bueno cuando se ha marchado por una ladera y se vuelve por otra donde se puedan ver aquellos marcados, cuando no se pueda dirijir una visual á un objeto se medirá la distancia, y solo servirá para fijar dicho objeto en el plano, es decir, que no sirve para comprobar. Cuando una visual

sola se dirija á una ó mas de las estaciones anteriores, tambien habrá que medir la distancia si se quiere que sirva para comprobacion, pues debe resultar gráficamente la misma que se haga por el terreno.

Hecha la trasportacion al papel y fijadas ya las enfiladas, segun se nota en las figuras 15 15', se procederá á redondear los ángulos señalando dos líneas que marquen el ancho de la carretera, segun se advierte en la figura 16; dicha figura representa el camino construido, la línea de trazos que vá por el centro, próximamente, es la del proyecto, á ella se adaptará el trayecto conciliando este con lo escabroso del terreno y la regularizacion de las curvas para que sin apartarse de los trabajos practicados se pueda conseguir lo económico y lo útil, cuidando que las alineaciones queden en el centro próximamente; decimos próximamente, porque en terrenos quebrados siempre hay que regularizar y redondear ángulos y por eso rara vez queda fijado el eje ó directriz de un camino en el campo á no ser que sea terreno llano ó uniforme, no obstante, se debe procurar no separarse de lo practicado para no tener que volver á hacer la nivelacion, y ademas, ya se supone que cuando se ha procedido á levantar el plano y perfil por lo puntos que se han marcado, es porque absolutamente no se puede ir por otros, y porque se ha reconocido muy bien de antemano.

Las curvas podrán ser partes de círculo y de parábola, pero en los caminos ordinarios no hay que pararse mucho en averiguar que clase de curva se ha de trazar.

En otro lugar digimos lo conveniente que es el plano para arreglar las curvas, estas se fijarán teniendo mucho cuidado en que sean tangentes á las líneas rectas, y en que cuando se pase de una clase de curva á otra, se verifique el cambio con una continuidada esmerada, sin producir lo que vulgarmente se llaman *garrotes*.

Al tocar los remplanteos y apertura de surcos que marquen el camino, repetiremos esto, ahora daremos algunos métodos para trazar curvas.

TRAZADO DE CURVAS.

Las curvas sobre el terreno se marcarán generalmente á ojo, teniendo provision de piquetes y jalones, cuyo método lo enseña la práctica; el que se acostumbre á trazar curvas á ojo, sacará buenos resultados, no obstante, por si se ofrese trazar curvas en paises donde no haya obstáculos que impidan las operaciones, daremos algunos métodos geométricos: supongamos que en los puntos D D′ fig. 25, terminan las directrices de dos trozos de carretera, que no se pueden variar y que por decontado hay que unirlos por una curva que sea tangente á los dos, ó lo que es lo mismo, que las dos rectas sean tangentes á la curva: en tal caso se prolongan sus líneas hasta que se encuentren en A, cuyas dos líneas se dividirán en igual número de partes que podrán ser cinco, según se nota en dicha fig. 25; teniendo cuidado de principiar á medir en A, y suponiendo que la línea A D′ tiene 75 pies, se darán 15 á cada parte, con lo que quedará dividida en cinco y como se ha principiado en A tocará el 5 en el punto de partida D′; la otra línea tambien se principiará á dividir desde A, y suponiendo que es de 100 pies, como las partes han de ser 5, se dará á cada una de ellas 20 pies, pero á los primeros 20 que se midan se llamará 5; á los segundos 4 etc., á fin de que resulte el uno en el punto D, en estas divisiones se han de ir clavando piquetes, desde los cuales se pasarán cordeles segun se vé en la figura, es decir, se pasará un cordel desde la estaca núm. 1 de la tangente A D á la núm. 1 de la A D′ y otro desde el núm. 2 al otro núm. 2 etc. Se debe tener cuidado de poner bien tirantes dichos cordeles, y en los puntos donde se intercepten ó se crucen, se iran clavando piquetes que será en

los puntos $p\ p'\ p''\ p'''$; dichos puntos son los de la curva, y escusado parece decir que las intersecciones de las cuerdas que marcan la curva, son las que mas se acercan á la línea recta que se pudiera tirar entre D y D': la fig. 25 lo demuestra bien claramente.

Esta curva que acabamos de esplicar, si se hace en terreno quebrado, no saldrá tan perfecta como se desea y habrá que concluirla ó darle el último arreglo con el ejercicio del ojo, recorriendo por la parte converxa y corrigiendo las estacas ó piquetes que se hallan clavado en los puntos $p\ p'\ p''\ p'''$ y en sus intermedios.

Aunque manifestamos que con un ojo acostumbrado se trazarán las curvas muy bien, no por esto queremos decir que cualquiera podrá trazar una curva de cualquier modo, nada eso, para trazar una curva á ojo, es necesario ser geómetra y estar acostumbrado á practicar operaciones en el campo; lo que hemos querido decir y decimos, es: que un geómetra que se acoctumbre á trazar curvas á ojo las delineará muy bien, valiéndose de ciertas reglas, y retocando los piquetes de la alineacion segun se nota con la vista, y decimos tambien, que sacará mejores curvas que si se somete á las reglas de la geometría sin retocarlas é inspeccionarlas bien con la vista, no decimos esto porque tengamos en poco aprecio las reglas geométricas, nada de eso, la geometría es tan fija como las leyes de la naturaleza; lo decimos, porque como por lo general en los terrenos hay altos y bajos, un pequeño error en una medida ó en el modo de clavar un jalon etc., estropea toda la curva, y esta es la razon porque hemos dicho que el ojo le dá la última rectificacion.

Vamos á otro método práctico: supongamos dos alineaciones que vienen de los puntos B y B', (fig. 26) encontrándose en A, y que queremos trazar una curva desde B á B' pasando por *a*; se plantará una banderola en *a*, este punto estará por ejemplo 80 pies retirado de la linea recta B B', medidos desde el centro *b*; despues de puesta la banderola ó jalon en *a*, se tirarán dos visuales B *a* y *a* B', cuyas rectas son cuerdas de arco que se dividen por mitades en los puntos *m m'*, y perpendicularmente se medirán 20 pies en

cada punto *m c m′ c′*, que son la cuarta parte de *a b*; luego se tirarán las enfiladas ó cuerdas B *c*, *c a*, *a c′* y *c′* B, las que se dividirán tambien por mitades y se tomará $\frac{1}{4}$ de *c m*, que serán 5 pies ó $\frac{1}{10}$ de *a b* que igualmente son 5 pies cuya distancia debe medirse desde cada una de las mitades y se marcarán los cuatro puntos *p*, y quedará trazada la curva B *p c p a p c′ p* B′; ahora si se quiere se pueden poner mas señales en los intermedios por el mismo método que acabamos de esplicar, y á fin de que los que marquen el surco en el terreno lo hagan muy perfecto, se espesarán los piquetes en los intermedios B *p c* etc., cuyos últimos puntos ó señales se pueden poner á ojo sujetándose á los ya marcados.

Los anchos que se suelen dar á los caminos son bastante proporcionados, no obstante, pueden variarse cuando las localidades lo exijan, por ejemplo: en un recodo; en la union de las dos líneas de un zik zak, y en todos los puntos donde se verifique un cambio repentino se debe ensanchar hasta 40 pies el firme en las carreteras, y asi proporcionalmente en los demás caminos; por el contrario, en los sitios ó pasos de mucho coste, tal como en un desmonte en peña cerrada, ó en un paso pantanoso que exija pilotaje y obra de fábrica, se podra estrechar el camino ó carretera, reduciendo esta á 18 pies de firme y 6 de los dos paseos, tambien se pueden suprimir estos en donde ocurra el primer caso, es decir en los desmontes en roca, y reducir el ancho á 18 pies, y cuatro de las dos cunetas que componen un total de 22 pies, en lugar de los 42 que deben llevar con inclusion de cunetas y asi proporcionalmente se estrecharán los demás.

Tambien merece la pena estrechar la via cuando haya de atravesar un terreno de mucho valor, cuya indemnizacion sea muy costosa, como podria suceder atravesando una huerta ó jardin de primera clase; é igualmente cuando el trayecto pase tocando á un gran edificio, fábrica etc. cuya fachada haya que destruir é indemnizar por no estrechar la via unos cuantos pies.

Como los paseos son arbitrarios hemos dicho que se pueden

suprimir, mas cuando esto suceda en un gran terraplen, siemprese dejará un pie de berma á cada lado.

Anchura de los caminos en general.

La clasificacion de carreteras y caminos vecinales es la siguiente:

		ANCHURAS DEL		
		Firme	*Los dos paseos.*	*Total.*
Carreteras.....	1.ª y 2.ª clase, carreteras generales. . .	24	12	36
	3.ª clase, carreteras mistas y provinciales. .	20	12	32
	4.ª clase, carreteras locales de.	20	8	28
Caminos vecinales..	De 1.ª clase.	18	8	26
	De 2.ª clase.	14	6	20
	Caminos rurales.	10	4	14
	Caminos de servicio para labores.. . . .	»	»	8

CONSTRUÍR LOS PERFILES SOBRE EL PAPEL.

En las paginas 45 y 52 hicimos mencion del perfil longitudinal y de él nos vamos á ocupar. Se tira una linea A B (fig. 17) que es la que nos va á servir de base, y á la que vamos á referir todos los altos y bajos del terreno que representa la fig.ª 8, cuya nivelacion tenemos ya practicada en la pag.ª 49. Sobre dicha línea A B que es la misma A E de la fig.ª 8, de la que ya hicimos mencion en la pág.ª 45 sobre ella se deben medir todas las distancias que marcan las diez y seis estaciones de que se compone la mencionada nivelacion, á saber: en la escala de la fig. 17 que representa uno por mil; se medirán los 112 pies de la 1.ª estacion de la nivelacion que tenemos en la pág.ª 49 los que se marcan en el punto *a* de la línea A B; luego se miden los 22 pies de la 2.ª estacion, los que se marcan á continuacion de los 112, y llegarán hasta el punto *b*, en seguida se medirán los 70 de la 3.ª estacion que alcanzarán al punto *c*, y así sucesivamente se irán midiendo y marcando con un punto y círculillo de lápiz todas las distancias de las 16 estaciones; despues se levantarán perpendiculares en todos y en cada uno de los mencionados puntos; en el concepto de que para levantar estas perpendiculares no hay que hacer mas que adaptar una regla á la línea A B é ir corriendo la escuadra y tirando las líneas. Hecha esta operacion, se procederá á marcar los desniveles generales, los cuales se deben poner siempre en escala mayor que la que se emplea para la distancia horizontal, con el objeto de poder apreciar con mas exactitud las desigualdades del terreno: las distancias horizontales tanto en los planos como en los perfiles se hacen mas reducidas para que no salgan de una magnitud incómodas.

Sigamos el perfil: la escala para las verticales en la fig. 8.ª

es dos y media veces mayor que la de las horizontales, es decir que en dicha fig.ª 8, la escala para las distancias horizontales es de uno por 750, y para los desniveles en la misma figura 8 es de uno por 500, y en la figura 17 son de uno por mil y de uno por 400, de manera que en dicha fig.ª 17 tambien se representan los desniveles dos y media veces mayor que las horizontales. Marcadas las alturas con un puntito en todas las estaciones, y unidos estos puntos con líneas, nos darán una figura semejante al terreno fig.ª 8 que será la línea negra representante del terreno natural en la fig.ª 17, sobre la cual se trazarán las rasantes debiéndose conciliar estas de modo que reunan todo lo mas económico y útil, es decir, que no haya que meterse en mucha obra, teniendo ademas presente que las pendientes no sean fuertes para lo cual se harán tanteos, eligiéndose el que sea mas ventajoso; en el que nos ocupa, teniendo en cuenta lo espuesto, hemos elegido las tres rasantes que se notan en la figura marcadas con la línea gruesa que en los proyectos se debe poner de diferente color que la que marca el terreno, por ejemplo, encarnada ó roja, y con ella se representa el plano rasante de los caminos sean de la clase que quiera. La 1.ª rasante que es entre A y C sube á 0,04 que es $\frac{1}{25}$ ó un 4 por 100. La 2.ª rasante entre C y D es horizontal, y la 3.ª ó sea entre D y E sube á $\frac{1}{20} = 0,05$ que es á un 5 por 100. La 1.ª de dichas rasantes comprende desmonte, teraplen y otra vez desmonte. La 2.ª principia en desmonte y despues sigue la obra de fábrica que atraviesa un rio por cuya razon hay que construir un puente cuyo alzado aunque en pequeño representamos en la fig. 17; y la 3.ª vá toda en desmonte, que son todos los casos que pueden ocurrir en una carretera ó camino, sea de la clase que fuere, á escepcion de los túnels ó subterráneos que tienen lugar en los ferro-carriles. En la 1.ª rasante, no se ha subido ni bajado mas porque en el primer caso aumentaba la pendiente, y si bien disminuia el desmonte se aumentaba el terraplen entre 1 y 5, aumentándose además el puente entre C y D, á no ser que se hi-

ciera una contra-pendiente, esto es, que se bajara para volver á subir, lo que se debe evitar siempre que se pueda; la rasante D E segun se ha dicho sube á $\frac{1}{20}$ que es la mayor pendiente que se debe dar á un camino.

Hemos concluido de formar el perfil y trazar las rasantes con arreglo á los datos tomados en el campo, y ahora debemos proceder á formar los cálculos de desmontes y terraplenes, cuyos volúmenes se averiguarán cubicando por trozos con arreglo á las figuras geométricas que dicho perfil longitudinal presenta; mas antes de emprender este trabajo debemos hacer algunas aclaraciones respecto á los métodos que se emplean para hallar estos volúmenes que nunca se obtienen con la exactitud matemática que algunos se han querido figurar, haciendo descomposiciones con el perfil longitudinal y los trasversales, (tambien diremos algo de estos) y empleando por consiguiente cálculos minuciosos sustituyendo con otras figuras geométricas las de las superficies del terreno. Nosotros no nos oponemos á ninguno de estos métodos, por el contrario, desearíamos estar al corriente de todos ellos para poder esplicar con claridad el mas exacto, sencillo y claro; bien podríamos fijar algunas fórmulas aplicables á estos cálculos, mas no hay para qué molestarse cuando los resultados son exactos por métodos mas espéditos y sencillos, ademas estamos convencidos de que el punto en que estriba toda la dificultad, es en adquirir con mucha exactitud los datos para los perfiles longitudinales; en cuanto á los trasversales diremos, que en muchos parages aun que no se tomen dichos trasversales no se comete error en los cálculos, por ejemplo: cuando la inclinacion trasversal al proyecto es uniforme y todo el ancho de la via vá en desmonte ó terraplen, aunque tenga por un costado veinte ó mas pies y por el otro tenga uno ó nada, siempre que los datos para el perfil longitudinal se hallan tomado por el eje; supongamos que no hemos hallado la trasversal A B fig. 23, y que la rasante vá por D *d* C y que la nivelacion por el eje nos ha dado la altura *d a* de 10 pies de des-

monte, cuya altura hemos tenido en cuenta para cubicar, siendo asi que en B C tiene 12 pies de alto, pero por la misma razon de que hácia un lado sube, hácia el otro baja y como los puntos B C y A D estan equidistantes resulta la misma altura de menos en A D como hay demas en B C, en este tiene 12 pies y en A D tiene 8 que hacen 20 y como la altura de un trapecio, que es la figura que nos ocupa, se halla tomando *la semi-suma de sus dos lados opuestos*; tendremos que la mitad de 20 son 10 que es exactamente lo mismo que hallamos antes de averiguar la trasversal. Si la trasversal del terreno fuese B D la altura del desmonte seria la mitad de B C, esto es, la mitad de la altura del triángulo B D C y como aquella es de 12 pies esta seria de 6 pies, que es exactamente lo que nos daria la nivelacion sin apelar á buscar la trasversal. Otra caso; supongamos un terraplen cuya rasante es A B (fig. 19) y que no hemos averiguado la trasversal, pero el perfil longitudinal nos ha dado por el eje la altura *a a'* de 12, siendo así que la altura A C es de 21 pies y la B *b* de 3, de lo que se infiere que la semisuma de los lados del trapecio A B *b* C son 12 pies, mitad de 24 que suman los dos lados; dichos 12 pies son los que nos dió el perfil longitudinal.

No obstante, en ciertas localidades y circunstancias son indispensables los perfiles trasversales, por ejemplo: en una ladera cuya configuracion sea muy desigual y que presenta altos y bajos, y en los puntos donde hay necesidad de construir murallones de sostenimiento y en todos los puntos donde el perfil longitudinal por el eje marche en coincidencia con el terreno y por los lados tenga, desmonte por el uno y terraplen por el otro, y en donde marque muy poco de uno ó de otro, y por los dos costados se aumentan, figura 20 y 22.

Los perfiles trasversales se pueden tomar en los estremos de las enfiladas cuando la Brújula tiene semicirculo graduado, girando dicha Brújula 90 grados á la direccion de cada enfilada para que sea perpendicular á la línea del proyecto, segun indicamos en la

página 74, y por la tabla que ponemos al fin de esta primera parte, se averiguarán las trasversales del terreno; todo con arreglo á lo que se dijo en dicha pág.ª 74 al describir la Brújula. Nosotros hemos hecho algunos miles de perfiles trasversales sin emplear ningun instrumento ni medida, todo á ojo y han servido para ferrocarriles y otras obras aun mas delicadas.

CALCULOS DE DESMONTES Y TERRAPLENES.

En otro lugar digimos que la fig.ª 17 representa la seccion longitudinal del terreno por donde se ha de construir un camino y que la línea gruesa y que debe ser roja marca el plano rasante cuya seccion ó perfil nos va á servir para hacer los cálculos de desmontes, terraplenes y obras de fábrica, para con ellos averiguar el valor de lo que podrán costar todas las obras que haya que ejecutar, y en su consecuencia principiaremos á cubicar el primer desmonte que se observa en la figura y que representa un triángulo A *v* 1 cuya base es A 1, la que medida en la escala nos dá 180 pies lineales que se multiplicarán por el ancho total del camino el que suponiendo es de 42 pies y la altura media en el caso que nos ocupa es de 4 pies, en razon de que el vértice *v* del triángulo á la rasante será de 8 pies medidos en la escala de las verticales que es la que usamos para los desniveles; y como la figura es un triángulo, por esto decimos que la altura media son 4 pies; así pues, ya sabemos que para hallar el volúmen del primer desmonte tenemos á saber:

Largo.	180.
Ancho.	42.
Alto.	4.

Al ancho podriamos añadir lo que corresponde á los taludes, cuyo número en lugar de ser 42 podria ser otro mayor, pero no lo haremos porque conviene verificarlo aparte con el objeto de saber separadamente el volúmen que arroja el desmonte de la caja

y el que procede de los taludes, (no sucede lo mismo con los terraplenes,) ademas puede acontecer ajustarse un desmonte aisladamente que comprenda la caja, porque muchos terrenos se prestan al corte vertical, en los cuales los taludes se suelen hacer despues de practicado el desmonte.

Teniendo ya los datos de la figura, los fijaremos del modo siguiente: $180 \times 42 \times 4 = 30.240$ pies cúbicos, que divididos entre 27 que tiene una vara cúbica resultan $\frac{30.240}{27} = 1.120$ varas cúbicas de desmonte en tierra, y estas se apuntarán en un papel aparte para sumarlas con otras partidas que se hallen tambien de desmonte de tierra: el de los taludes se calculará de la manera siguiente: aun cuando el camino sea en ladera como el perfil se ha hecho por la línea del centro, hay que suponer que la trasversal es uniforme, á no ser que aquella sea muy desigual, por cuya razon se dará la misma altura que hemos hallado para el desmonte de la caja, y por esto los datos ó factores serán: la longitud de uno y otro lado, esto es, $180 \times 2 = 360$: el ancho será una y media vez de la altura para que quede un talud con la inclinacion que se representa en la fig.ª 23 marcados con las lineas F D y C E; y como la altura es de 4 pies, resultan para el ancho 6 pies, que siendo de uno y otro lado podriamos decir que componen 12 pies de ancho; mas teniendo en cuenta que son triángulos y que por lo mismo se reducen á la mitad, se quedará el ancho en $4 \times 1,5 = 6$, de lo dicho se infiere que para saber el ancho de los taludes en los desmontes, *se multiplica la altura por el talud que se quiera dar en un solo lado y se obtendrán los dos*: en el caso que nos ocupa lo hemos exagerado dando 1,5 de base por 1 de altura, aunque en los desmontes no se suele dar tanto á no ser que sea el terreno muy flojo, y por lo general lo que se suele dar, segun se dirá al hablar de los taludes, es 1 de base por 1 de altura, en cuyo caso no hay nada que discurrir para fijar el ancho de un talud, porque la anchura es exactamente igual á la altura.

Siguiendo nuestros cálculos resultan pues, para el desmonte del

talud A *v* 1 los factores siguientes $360 \times 6 \times 4 = \frac{8640}{27} = 320$ varas cúbicas, procediendo á hallar el terraplen que sigue que como se nota en dicha fig. 17 es otro triángulo 1 *c* 2, el cual por el mismo método del otro nos dá de longitud entre 1 y 2,81 pies; en cuanto al ancho es variable en menos ó en mas, nos esplicaremos: como es terraplen no necesita cunetas, y como para dichas cunetas se han señalado 3 pies á cada una (aun cuando no se les den completos) se deducirán 6 pies, por esta razon el camino se queda en este punto de 36 pies de ancho; mas para el cálculo hay que añadir lo que comprendan los taludes á los cuales daremos 1,5 de base por 1 de altura y serán $3 \times 1,5 = 4,5 \times 2 = 9$; de manera que para el ancho resulta $36 + 9 = 45$, pero como los 9 que se han aumentado son dos triángulos *a b c* fig. 18, se reducen á la mitad y quedan en 4,5 que con los 36 hacen 40,5 pies; mas dos pies que le daremos para refuerzo ó berma, por razones que yá diremos al tratar de las esplanaciones, resultan: 42,5 pies. Se infiere pues de lo dicho que para hallar el ancho de un terraplen; *se multiplicará la altura por el talud y se aumentará el ancho del camino añadiendo 2 pies para berna ó refuerzo*; pudiéndose ahorrar las operaciones de multiplicar por dos para volver á dividir tambien por dos, porque si las hemos practicado, ha sido solo con el objeto de demostrar que son dos los lados de los taludes, pero que para hallar el volumen se reducen á uno por ser triángulos, segun se dijo al hablar de los taludes de los desmontes y se repetirá cuando toquemos los trabajos y segun se nota en la seccion de terraplen fig. 18, cuyos triángulos son *a b c* de uno y otro lado marcado en uno solo: estos procedimientos se aplicarán siempre que se calcule un terraplen y aunque la base *a d* (fig. 18) fuese inclinada, no se cometerá error.

Siguiendo los cálculos segun tenemos demostrado, resultan para el terraplen los datos que siguen:

Largo . .	81	$=81\times42,5\times5=10.327,5$ pies cúbicos divi-
Ancho . .	42,5	didos por 27 que tiene la vara cubica á saber:
Alto . . .	5	

$$\frac{10.327,5}{27}=382,5 \text{ varas cúbicas.}$$

Ahora sigue otro terraplen en el arroyo Bercedo el cual se hallará por los métodos que se han dicho, reduciéndolo á triangulo, trapecio, rectángulo etc. para encontrar su volúmen: este podrá ser de 400 varas cúbicas, que se anotarán en un papel aparte y debajo de las 382,5. Luego sigue otro desmonte, cuya figura aunque no es un triángulo muy perfecto, sin embargo, se puede considerar como tal, porque como se nota en la figura, hay compensacion, en razon á que tirando una línea de 3 á v', y otra de v' á 4, en la primera se aprecia de mas la misma cantidad que en la segunda se desprecia y queda compensado, por cuya causa lo consideramos un triángulo 3 v' 4 la figura de este segundo trozo de desmonte, cuyo volumen lo hallaremos por el mismo método que buscamos el del primero y nos dará 1.717 varas cúbicas que segun los datos que tenemos en la libreta, será en tierra con cantera floja, lo denominaremos *tierra y piedra*. Ahora se presenta el trozo 4 D que comprende el puente para el paso del rio, cuyo presupuesto como es obra de fábrica lo hallaremos despues, continuando ahora con los demontes, el que se presenta entre D y E, es todo en cantera cerrada y tiene:

Largo . . .	150	y será $150\times42\times4=\frac{25.200}{27}=933\frac{1}{3}$ varas
Ancho . . .	42	
Alto	4	cúbicas de desmonte en piedra dura.

Hemos hecho la cubicacion del movimiento de tierras y piedra comprendido en el trozo de carretera fig. 16, cuyo perfil es la fig. 17, el cual segun tenemos demostrado arroja el volumen que á continuacion se espresa:

Desmontes.	Desmonte en tierra floja. .	1.120+320=1440
	Desmonte en tierra y piedra	1717
	Desmonte en cantera cerrada	$933\frac{1}{3}$

Terraplen. { Primer terraplen . . . . . 382 / Segundo terraplen . . . . . 400 } = 782

Estos volumenes que hemos hallado es lo que se llama el *movimiento de tierras;* y ahora procederemos á averiguar los de las obras de fábrica.

La primera que se nos presenta, es un caño de desagüe para el arroyo Bercedo; dicho caño ó alcantarilla, tendrá de largo todo el ancho del camino, mas lo que comprendan el total de los taludes y berma, y además medio pie por cada costado de la carretera para que sirva de refuerzo, con el objeto de que las tierras del terraplen no se introduzcan por las bocas del caño, á saber: el ancho del camino sabemos yá que es 36 pies; la altura en el punto donde se ha de construir el caño es de 7 pies; y segun hemos manifestado los taludes serán de 1 $\frac{1}{2}$ de base por de 1 altura, por cuya razon le corresponden 10 $\frac{1}{2}$ pies, porque $7 \times 1\frac{1}{2} = 10\frac{1}{2}$, y como son dos los costados componen 21, mas dos de berma hacen 23, luego medio pie por cada lado, que es uno, componen 24 y de todo ello se deduce que el caño debe tener de largo $36 + 24 = 50$ pies. Este caño no ha de tener mas obra de fábrica que dos paredillas y una cubierta que deberá ser de losas de 10 pulgadas de grueso para que resistan las tierras; y para que estas no se introduzcan deberan estar muy bien unidas y con mezcla de cal y arena: las paredillas podran ser de mamposteria ó sillarejos, y el pavimento inferior enlosado con losas de seis pulgadas de grueso; la luz podra ser de dos pies y cuarto, es decir de $1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2} = 2\frac{1}{4}$, ó lo que es lo mismo de un pie y medio de alto por uno y medio de ancho: esta luz podrá variar y hacerse mayor cuando lo exija el punto, ó cuando sea un arroyo de consideracion, ó que tenga su origen á larga distancia que pueda reunir abundancia de aguas en las lluvias que causen avenidas; cuando asi sea se construirán alcantarillas á las que se le suelen dar de cuatro á cinco ó mas pies de alto, y unos tres pies de luz: su construccion es por el mismo método que tenemos manifestado para los caños, y su denominacion es: *alcantarillas de tapa.*

Digimos que las paredillas de los caños debian construirse de mampostería ó sillarejos, y debemos añadir que aun cuando se hagan de mampostería, las boquillas siempre deben ser de sillares, aunque sean de pequeñas dimensiones, con el objeto de labrarlos por el lado esterior con el talud ó inclinacion del camino. Cuando las boquillas de un caño se ven en un terraplen alto, si aquellas son verticales, hacen una figura muy fea, y si ademas estan escasos, como sucede algunas veces que no se ha hechado bien la cuenta de los taludes y berma, se introduce la tierra que se vá desprendiendo de los taludes antes de criar yerba, y se obstruye el caño, se filtran las aguas, se reblandece el terraplen y se hunde el camino.

Volúmen ó cubicacion de la fábrica de un caño de desagüe ó sifon.

Segun se dijo el largo de cada paredilla es de 50 pies: el alto de pie y medio que con otro medio que le daremos de cimiento, hacen 2 pies: el grueso podrá ser de dos pies para que resista á la presion de las tierras, y por la tanto tendremos:

Largo.	50
Ancho..	2.
Alto.	2.

Con estos datos sacaremos el volúmen de un lado, el cual multiplicado por 2, nos dará el de las dos paredillas ó cajeros, á saber: $50 \times 2 \times 2 = 200 \times 2 = 400$ pies cúbicos. Ahora hallaremos los pies cuadrados de losa que se necesitan para el pavimento inferior y para cubrir el caño, estas losas deberán ser un poco mas largas que el ancho de la alcantarilla: las inferiores, para introducirlas medio pie en la obra, y las tapas para que descansen sobre los cajeros, unas y otras podrán ser de tres pies, y tendremos para las de arriba $50 \times 3 = 150$ pies cuadrados de losa de á 10 pulgadas de grueso; y para las de abajo nos dará los mismos 150 pies cuadrados, de 6 pulgadas de espesor.

Ya hemos hallado el volúmen en varas cúbicas de los desmon-

tes y terraplenes del trozo A C D E figuras 16 y 17, é igualmente el volúmen en pies cúbicos de la fábrica que se ha de invertir en el caño ó alcantarilla.

Ahora pasaremos á hallar los volúmenes del material que ha de entrar en el puente y de los trabajos que hay que ejecutar para con arreglo á ellos formar el presupuesto, pero antes debemos decir que los Puentes como obras de arte en donde funciona la ciencia están sujetos completamente á las leyes de la mecánica, y como se ha escrito tanto en este ramo, seria muy difícil la mejora, y además aunque quisiéramos adornar nuestra obra con un tratado de esta especie, no se podria hacer sin láminas correspondientes, lo que no creemos sea de la jurisdiccion de esta obrita. ¿Qué podríamos decir que no esté escrito en tantas obras como se han dado á luz? ¿Y qué podríamos hablar nosotros de cortes de piedras que no esté demostrado en las obras de Derand, Millet de Chales, La Rue, Sganzeim, y anales de Puentes y Calzadas que periódicamente salen en Francia hace tantos años?, así es que respecto á obras de fábrica lo que es indispensable es aprender á aplicar con arreglo á lo que ya hay discurrido. Cuando toquemos las obras de fábrica daremos algunos métodos prácticos para la buena construccion y seguridad de ella; por ahora nos concretaremos á formar el presupuesto pera concluir la primera parte de este libro.

Cubicacion de todas las obras del puente.

Fundacion de los estribos y pilas. El desmonte que hay que hacer para fundar el primer estribo y pila suponemos que es en tierra, y aunque fuera de esta solo tiene 8 pies de ancho la pila, á los cimientos debemos darle 12 para Zarpas, el largo será todo el ancho del camino que son 36 pies, mas 3 para los pretiles hacen 39, mas 2 $\frac{2}{3}$ para los taludes, porque siendo la altura de 8 pies y dando al talud $\frac{1}{6}$ le corresponden á dichos 8 pies 1 $\frac{1}{3}$ por cada lado y por eso hemos aumentado 2 $\frac{2}{3}$ pies, además hay que añadir

$1\frac{1}{3}$ para zócalos interiores y serán $36+3+2\frac{2}{3}+1\frac{1}{3}=43$, por cuya razon tendremos para hallar el volúmen del desmonte del primer estribo, los factores siguientes:

Largo que es el ancho del camino. . . .	43
Ancho.	12
De profundidad.	6

Resulta pues $43\times12\times6=3.096$ pies cúbicos. Aunque el ancho de las carreteras en los pasos de los puentes se reduce al ancho del firme, en los cimientos para las pilas y estribos siempre es el total de la carretera, para la fundacion de los tajamares etc, por esta razon serán los mismos 43 pies los que se necesitan para la fundacion y cimiento de la pila, y como le hemos de dar las mismas dimensiones resultará igual número de pies cúbicos; de todo lo cual se infiere, que la escavacion para fundar los cimientos del primer estribo y la pila que le sigue serán: $3096+3096=6192$ que divididos por 27 que tiene una vara cúbica nos darán $229\frac{1}{3}$ varas cúbicas de escavacion.

La otra pila y estribo descansan sobre peña y por esta razon no necesita mucha profundidad, tampoco son necesarias las zarpas ó escolleras y solo le daremos un medio pie demás por cada lado para zócalos que hace un pie, que con los 8 que tiene de ancho resultan 9; en cuanto á profundidad basta con rozar á pico lo que se conceptúe necesario para formar una base y asiento horizontal que segun la inclinacion del terreno podrán ser dos pies por término medio, y este será el tercer factor, y tendremos pues $43\times9\times2=774$ pies cúbicos de desmonte en piedra, y como el estribo tambien descansa en peña, por el mismo cálculo nos dará la misma cantidad de pies cúbicos y serán $774+774=1548$ que divididos por 27 resultan $57\frac{1}{3}$ varas cúbicas del desmonte en peña para la fundacion de la segunda pila y estribo hasta dejarlo á nivel cerrado paca recebir la losa de eleccion; tendremos pues que la cubicacion de los desmontes para la fundacion de pilas y estribos del puente ó sea para los cimientos serán á saber:

Desmonte en tierra. . .	229 $\frac{1}{3}$	Varas cúbicas.	287
Desmonte en roca.. . .	57 $\frac{2}{3}$ (1)	Idem Idem.....	

Cálculos de materiales.

Cimientos. El volúmen de material que se ha de emplear en los cimientos de las pilas y estribos del puente debe ser el mismo que hay que extraer para la fundacion, que segun se manifiesta son 287 *varas cúbicas* (cuando toquemos las esplanaciones hablaremos algo de estas construcciones.) Los estribos tienen de largo todo el ancho de la carretera mas lo que ocupen los pretiles que son 36+3=39 pies y como son dos diremos 39+39=78 pies; el ancho será de 6 pies y el alto de cinco segun perfil, fig. 17, de todo lo cual inferimos que el volúmen de la sillería de los estribos, se hallará con los factores siguientes: 78×6×5=2340 pies cúbicos de sillería. El volúmen de la sillería de las pilas, se hallará de la misma manera cubicando primero la sillería que podrá caber desde los cimientos hasta la conclusion de los tejamares, que en nuestro perfil se podrán subir hasta los cimientos de los estribos, y á dicha altura se calcularán las pilas con todo el ancho, esto es, con el mismo que le señalamos para los cimientos; desde la referida altura para arriba se calcularán con solo el ancho que se les dá á las carreteras en los puentes que segun se dijo en otro lugar son 24 pies, mas el de los pretiles que podrán ser de 1$\frac{1}{2}$ por cada lado y serán 27; con cuyos datos las dos pilas que nos ocupan podrán arrojar 2740 pies cúbicos.

VOLUMEN DE LOS TRES ARCOS.

El desarrollo lineal de los tres arcos comprende 108 pies y el ancho es el de 27, el grueso ó entrada de las dovelas podrán ser de dos pies, de forma que para cubicar el dovelaje tenemos 108×27×2=5.832 pies cúbicos de sillería para dovelas.

(1) Para que desaparezca el quebrado se aprecie $\frac{1}{3}$ ma s.

Imposta. Esta debe comprender de estribo á estribo, y serán 152 pies lineales, por cada lado que hacen 304 pies tambien lineales, su ancho ó entrada será de $1\frac{1}{2}$ pies y el alto de 1 pie y nos darán $304 \times 1\frac{1}{2} \times 1 = 456$ pies cúbicos de sillería para la imposta ó faja.

CUBICACION DE LOS MUROS DEL PUENTE (FIG. 17.)

El triángulo que hay hasta el primer arco, tiene 63 pies de largo por un lado que hacen 126 por los dos; la altura máxima incluso cimientos es de 13 pies deducido uno de la imposta quedan 12, y como es triángulo se reduce á la mitad que son 6; el grueso medio será de $4\frac{1}{2}$ pies y tendremos $126 \times 6 \times 4\frac{1}{2} = 3.402$ pies cúbicos de mamposteria. Por los mismos procedimientos nos dará el triángulo que va de muros en otro lado del puente 1.714 pies cúbicos, y compondrán de los dos lados 5.116 pies cúbicos.

Paramentos. Los que hay encima de las dos pilas, serán de sillería fina, y nos darán con arreglo al plano 375 pies cúbicos.

Macizos de tierra. Segun se dirá al hacer mencion de las esplanaciones, se necesitan para el puente que nos ocupa 543 varas cúbicas de tierra.

Macizos de piedra con cal.....4.200 pies cúbicos.

Pretiles. La línea de pretiles que se necesita en el puente que nos ocupa es de 150 pies por cada lado, el grueso podrá ser de 1 pie, y el alto de 4 los que nos darán 1.200 pies cúbicos.

PRESUPUESTO DEL PUENTE.

		Reales vn.	Mrs.
Escavacion.	Por 229 $\frac{1}{3}$ varas cúbicas de desmonte en tierra para los cimientos á 4 rs.	» » » 917	11
	Por 57 $\frac{2}{3}$ Idem Idem en piedra para idem á 20 rs.	» » 1.153	11
	Por 287 varas cúbicas de mamposteria con cal para cimientos á 40 rs.	» » 11.480	»
	Por 5.080 pies cúbicos de sillería para las pilas y estribos á 4 $\frac{1}{2}$ rs. . .	» » 22.860	»
	Por 5.832 idem idem de dovelaje á 5 rs.	» » 29.160	»
Materiales.	Por 456 idem idem de sillería para la imposta á 6 rs.	» » 2.736	»
	Por 5.116 idem idem de mamposteria para muros á 1 $\frac{1}{2}$ rs.	» » 7.674	»
	Por 375 idem idem de idem para los paramentos á 4 $\frac{1}{2}$ rs.	» » 1.687	17
	Por 543 varas cúbicas de rellenos de tierra á 2 rs..	» » 1.086	»
	Por 4.200 pies cúb. de mamposteria con cal para los macizos y enjutas á 1 $\frac{1}{4}$	» » 5.250	»
	Por 1.200 pies cúbicos de sillería fina para pretiles à 6 rs.	» » 7.200	»
	Imprevistos.	» » 8.795	29
	TOTAL.	100.000	

El presupuesto que antecede asciende solo á 91.204 rs. 5 maravedís, pero como en esta clase de obras siempre se debe poner para imprevistos una cantidad prudencial que por lo general es la de un diez por ciento del presupuesto, que en el nuestro ascendería á unos 9,120 rs. proximamente, que con la cantidad presupuestada importaría 100.324 rs., y unos mrs., nosotros consideramos ridículo el que un presupuesto en el que figuran partidas de miles de duros y que se ponen imprevistos, concluya con picos de reales y maravedises, y por esta razon no hemos puesto exactamente el diez por ciento, y sí una cantidad apróximada á la que ascenderia aquel, con cuyos guarismos hemos cerrado la cuenta del presupuesto del puente en el número redondo de cinco mil duros ó sean los 100.000 rs. que aparecen de total. Bien conocemos que algunos nos graduarán de inexactos, particularmente los que forman presupuestos, aunque sean de cinco ó seis millones, y si no lo concluyen con unidades, décimas y centésimas no les gusta. Tal vez los que lean estos renglones se figurarán por ellos que no somos exactos en nuestros cálculos, y á esto les diremos desde luego, que nosotros nos peleamos cuando llega el caso por una milésima, al tratarse de una nivelacion exacta, y buscamos y aprovechamos una diez milésima cuando se practica un cálculo de fórmula algebráica en la geometría, trigonometría etc.: tampoco despreciamos un mrs. en cuentas pasadas, ó que estén enlazadas con otras; y finalmente sabemos apreciar todo lo que es mensurable en las matemáticas, pero conocemos muy bien la nimiedad y ridiculez de que termine un presupuesto de miles de duros con maravedís, cuando se ha agregado una cantidad para imprevistos.

En el presupuesto que acabamos de formar, no se anota cantidad alguna para el gasto de la cimbra, porque dicho gasto se suele incluir en el precio de las dobelas, y así suponemos que con arreglo á los datos, nos ha salido el pie cúbico de aquellas á 4 reales, y teniendo en cuenta el gasto de la cimbra, lo hemos valorado á 5.

Pasemos ahora al presupuesto del firme para formar el general de la línea.

Cálculos del firme.

Practicados los de los desmontes, terraplenes y obras de fábrica, pasaremos á calcular los volúmenes del firme para completar el presupuesto, sin perjuicio de reservarnos el derecho de que cuando toquemos los métodos de la construccion de los firmes, podamos dilatarnos ó estendernos á propagar el órden y principios segun nuestra humilde opinion, cuyo dictámen lo tenemos fundado en una larga esperiencia.

El trozo de camino, fig. 16, tiene de largo 862 pies, de los cuales 368 son de desmonte en tierra, y 146 de desmonte en piedra, los demás hasta los 862 son entre el terraplen y el puente. En los terraplenes, se suele dejar la caja abierta formando los paseos. La fig. 31 representa una seccion dada en un trozo de camino en terraplen en donde se ha dejado abierta la caja para el firme. El ancho que se dá á los firmes en las carreteras generales, regularmente es de 24 pies, y la profundidad de la caja, de medio pie, por cuya razon tendremos $368 \times 24 \times \frac{1}{2} = \frac{4.416}{27} = 163\frac{5}{9}$ varas cúbicas desmonte en tierra para la caja. Para arreglar dicha caja en los puntos donde el camino vá en terraplen, se pone en el presupuesto una pequeña cantidad por vara lineal, en el desmonte en peña se considera tambien abierta la caja, porque se suele tener en cuenta al tiempo del desmonte para hacerlo á la vez.

MATERIAL QUE ENTRA EN EL FIRME.

El firme debe tener de bombado $\frac{1}{30}$ de su ancho y como este es de 24 pies la 30.ª parte serán $9\frac{1}{2}$ pulgadas próximamente, pero lo que se suele dar son 9 pulgadas de desnivel desde el borde superior de los paseos al centro de la carretera, de lo que se infiere

que 9+6=15 pulgadas debe tener el firme de espesor en el eje del camino; pero como á los lados no son mas que 6, se queda reducido el espesor del firme á un término medio de 10 $\frac{1}{2}$ pulgadas=0,875 de pie, mas como el bombado no debe tener el desnivel en líneas rectas desde el centro á los costados, debiendo hacer un poco de arco, se aumenta prudencialmente el cálculo del espesor, y en lugar de 0,875, ó sean las 10 $\frac{1}{2}$ pulgadas se calcula un pie, con cuyo esceso se considera lo suficiente para rellenar los arcos (vulgo riñones del firme).

De lo manifestado se deduce que el volumen del firme en pies cúbicos se hallará: *multiplicando el largo por el ancho*, como el grueso es la unidad, no hay que hacer esta tercera multiplicacion no obstante, los factores del trozo que nos ocupa son los siguientes: 862×24×1=20.688 pies cúbicos. Este material se suele tomar por cargos y cada uno de estos tiene 13 $\frac{1}{2}$ pies cúbicos: de cuyos datos se colige que se necesitan 1.532 $\frac{1}{9}$ cargos de piedra para el firme. Despues daremos mas pormenores, y ahora pasaremos á formar el presupuesto general en el modo que sigue:

PRESUPUESTO GENERAL.

Segun resulta del cálculo de desmontes y terraplenes para la ejecucion de las obras de este trozo de carretera, se abonarán las cantidades siguientes:

		ESPLANACION.	Rs. vn.	Total rs. vellon.
	Movimiento de tierras	Por 1.440 varas cúbicas de desmonte en tierra á 3 rs. .	4.320	25.278
		Por 1.717 id. id. de id. en tierra y piedra á 5 rs. . .	8.585	
		Por 933 $\frac{1}{3}$, id. id. de id. en cantera cerrada á 12 rs. . .	11.200	
		Por 782 id. id. de terraplen á 1 $\frac{1}{4}$ rs.	1.173	
		Imprevistos.	»	2.500
Fáb.ª	Puente.....	Por todos los trabajos y materiales segun presupuesto detallado en su lugar.	»	100.000
	Caño.....	Por 400 pies cúbicos de mampostería para un caño á 2 rs.	800	1.430
		Por 150 id. cuadrados de losas de 10 pulgadas de grueso á 2 $\frac{1}{2}$ rs.	575	
		Por 150 id. id. de id. de 6 pulgadas de grueso á 1,7 rs.	255	
		FIRME.		
	Mano de obra....	Por 164 varas cúbicas de desmonte en tierra para la apertura de la caja á 4 reales.	656	11.176
		Arreglo de la caja en 460 pies lineales á 0,75 rs. . . .	345	
		Por el machaqueo de la piedra en los 862 pies lineales á 3 $\frac{1}{2}$	3.017	
	Material...	Por 1532,6 cargos de piedra para el firme en todo el trozo á 4,67	7.158	
		Imprevistos.	»	1.100
		Total general.		141.484

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

Ascienden todas las obras de este trozo de carretera á la cantidad de reales vellon ciento cuarenta y un mil cuatrocientos ochenta y cuatro.

Este trabajo que llevamos ejecutado de cálculos y presupuestos, no tiene mas objeto que dar á conocer el modo de practicar estas operaciones, es decir, que el órden y principios que se deben seguir siempre son los mismos, pero que nunca podrán tener aplicacion los precios, porque es evidente que estos varian segun las localidades. Del precio de los jornales y la distancia de las carreteras y demas materiales depende el que los presupuestos salgan mas ó menos subidos.

Tambien debemos advertir que hemos elegido para hacer estos cálculos, un trozo de los mas difíciles; porque en general en España los caminos cuestan mucho menos proporcíonalmente que el trozo designado, en el que aunque es corto hemos supuesto un puente, cuyo presupueste intercalado con el de la esplanacion y firme hace subir la unidad lineal á siete ú ocho veces mas de lo que en general cuestan las carreteras en España.

El término medio del coste de las carreteras generales en nuestra Península es el de veinte mil duros por legua ó sea veinte reales por pie lineal.

Concluidos los cálculos de desmontes terraplenes, y los de las obras de fábrica y formado el presupuesto general daremos por terminada la primera parte de este libro y pasaremos á la segunda á tratar de la egecucion de las obras.

Tabla

DE PEDDIENTES NATURALES EN GRADOS Y MINUTOS.

Grados.	*Pendientes.*	*Grados.*	*Pendientes.*
0 ′ ″		0 ′ ″	
45 0 0	1,0000	2 51 40	0,0500
20 0 0	0,3570	2 38 55	0,0462
10 0 0	0,1760	2 28 0	0,0430
8 0 0	0,1440	2 17 28	0,0400
6 0 0	0,1035	2 4 35	0,0362
5 9 0	0,0900	2 0 18	0,0350
5 0 0	0,0875	1 47 21	0,0312
4 43 18	0,0825	1 43 3	0,0300
4 26 7	0,0775	1 30 15	0,0262
4 0 17	0,0700	1 26 0	0,0250
4 0 0	0,0697	1 12 42	0,0212
3 43 10	0,0650	1 4 24	0,0187
3 26 0	0,0600	1 0 0	0,0175
3 8 51	0,0550	0 51 32	0,0150
3 0 10	0,0524	0 30 0	0,0086

Modelo núm. 2.º

Nivelacion y arrumbamiento en pies castellanos.

	Rumbo.	Distancias.					
Estaciones.	*Gr. m.*	*Pies Casts.*	*Atrás.*	*Delante.*	*D. P.*	*D. G.*	*Observaciones.*

NOTA. Este modelo es para plano y perfil.

MODELO NÚM. 3.°

Estaciones.	Rumbos.		Distancias.	
	Grados.	Minutos.	Pies castellanos.	OBSERVACIONES.

NOTA. Este modelo sirve solo para el plano,

MODELO NÚM. 4.°

Enfiladas.	Rumbos. *Grados.*	*Minutos.*	Distancias. *Pies castellanos.*	Grados á la derecha y á la izquierda.
1	295	»	94	65.° A lo derecha con la Norte Sur M·
2	278	30	42	16 10 A la derecha respecto á su anterior.
3	256	30	40	22 id.
4	229	30	105	33 id.
5	269	»	131	39 30 A la izquierda.
6	244	15	47	25 15 A la dererecha.
7	235	»	97	9 15 id.
8	230	»	83	5 id.
9	251	15	60	21 15 A la izquierda.
10	270	10	45	38 55 id.
11	282	30	118	12 20 id.

El primer rumbo se resta del 360° y los demas del que tenga la enfilada que le antecede, ó esta de la que le sigue.

Regla general: *de mayor á menor vuelve á la derecha*. En quinta enfilada pasa de menor á mayor por eso vuelve á la izquierda. Esta regla se esceptua cuando pasa por N. ejemplo: supongamos que la estacion 4.ª tuviese 350.° y la quinta 8.°, esto nos diria que vuelve 18.° á la izquierda á pesar de ser menor. despues sigue la regla. á no ser que vuelva á pasar por N.

SEGUNDA PARTE.

ESPLANACION.

Para la esplanacion de un camino lo primero que hay que hacer es abrir dos surcos que marquen el ancho de la carretera mas lo que comprendan los taludes, se llaman taludes á los escarpes ó rampas mas ó menos inclinadas que se forman con un terraplen y donde se practica un desmonte, á aquellos les llamaremos *taludes inferiores*, y á estos *taludes superiores*. Los dos surcos que son el replanteo en general de todo el ancho del camino, (1) se abrirán con inteligencia evitando todos los garrotes y serpenteos que afean el trayecto, teniendo mucho cuidado en que las curvas sean regularizadas y que las líneas rectas sean tangen-

(1) El abrir los dos surcos además de marcar el trayecto tiene la ventaja de poder hacer la medicion para la expropiacion con toda exactitud.

tes á las curvas y estas del mayor radio posible, el menor no debe bajar de 120 pies; tambien se apiquetará por el eje clavando estacas (1) ademas de los dos surcos, particularmente en los replanteos de puentes y en aquellos puntos que la carretera se construya entre muros de sostenimiento. Como al tiempo de hacer el proyecto definitivo se habrán dejado en el campo señales fijas, con estas y con el plano en la mano (fig. 16) se podrá hacer el replanteo.

La fig. 16 representa el camino construido y en ella hemos fijado la línea de trazos que indica la del proyecto que es la del terreno fig. 12 y la trasportada al papel fig, 15', la que segun se nota no vá exactamente por el eje para demostrar lo que mencionamos en el proyecto pájina 90.

Abiertos los dos surcos se procederá á fijar las rasantes que marca el perfil en los puntos donde terminen y por eso es muy útil que al tiempo de practicar la nivelacion para el perfil se hayan dejado en el campo referidas las rasantes á puntos invariables; dichos puntos se pondrán con tres niveletas A B C fig. 33, que dos de ellas permanecen fiijas en cada uno de los estremos de la rasante D E, y la otra se vá colocando de diez en diez pasos, poco mas ó menos, bajando ó subiendo en cada punto hasta hacer coincidir perfectamente á la niveleta movible con las dos de los estremos. Si acaso se duda de las terminaciones de las rasantes se buscarán midiendo las distancias que marque el perfil y nivelando con el nivel ó con el Eclímetro, bajando ó subiendo lo que le corresponda segun el tanto por ciento que marquen dichas rasantes; entiéndase que esto es solo para los estremos, que los intermedios se deben poner con las niveletas, á no ser que aquellas (las rasantes) sean tan largas que no se alcance á ver de un estremo á otro, en cuyo caso se medirá un número redondo de 200, 300 ó mas metros ó pies y se les dará de subida ó bajada lo que le coresponda y marque el perfil, estos intermedios claros se deben poner con el nivel

(1) Los circulillos de la fig.ª 24 representan las estancadas por la directriz.

de aire, y los intermedios ó puntos espesos se fijarán con las niveletas; este es el mejor útil que se puede usar, porque con él se reparte la pendiente hasta el infinito, lo que no se puede hacer con ningun nivel del mundo; daremos un ejemplo: supongamos una rasante que baja uno por cinco mil como es la del Canal de Isabel II y que para que el pavimento salga sin ondulaciones ni prominencias queremos poner puntos en cada cinco metros, á cuya longitud le corresponde un solo milímetro de caida, cosa imposible de apreciar con ningun nivel por bueno que sea, el hilo por donde se dirije la visual aprecia mas espacio, pues bien, con las niveletas se reparte este milímetro en los cinco metros, por esta razon lo que se hacia en el canal, y se hace, es medir un número redondo de estos, por ejemplo 200.^{m} y al estremo se ponia un punto con el nivel de aire, dando 4 centimetros de caida que es lo que corresponde á 200.^{m} con la pendiente de 0,0002 por metro que es lo mismo que $\frac{1}{5.000}$ en seguida se fijaban las niveletas de los estremos que son las D E de la fig. 33, y la B se iba recorriendo poniendo puntos tan espesos como se quiere, hubo trozo que se pusieron hasta de dos en dos pasos resultando un pavimento con su inclinacion tan uniforme como se deseaba, tanto en el canal como en los acueductos y subterráneos, como se puede ver en todo el canal y en el subterráneo frente á Fuencarral *llamado mina de Sta. Ana.*

PUNTOS DE RASANTE.

Nos parece haber demostrado lo útil que son las niveletas para poner puntos de rasante, advertiremos que con la niveleta movible que es la B de la fig.ª 33 deben ir dos ó tres peones que no sean torpes para que entiendan bien las señas que le haga el que está dirigiendo las visuales desde una de los niveletas fijas que podrá ser desde A; dichos peones irán provistos de azadon, estacas y mazo, para que en cada punto donde pida desmonte, hagan un hoyo desmontando lo necesario hasta hacer coincidir la

cabeza de la niveleta intermedia con las dos de los estremos (1) por ejemplo, en la fig.ª 33 se vé á primera vista que la parte de la niveleta B *b* sobresale por encima de la visual A C cuya altura es exactamente la altura *b' c*, que es lo que hay que desmontar para que sea uniforme la rasante D E; (2) despues pasarán con la niveleta B á la hondonada, en cuyo punto clavarán una estaca de la altura suficiente para que la cabeza de la niveleta coincida con la visual A C, con lo que quedará la cabeza de la estaca con la rasante D E: dichas estacas se cubrirán con tierra segun se notan las A *b* de la fig.ª 22, colocándole en la cabeza una piedra. En los puntos de desmonte se allanará como un pie en cuadro y se le pondrán dos piedras una llana y fija que es la que marca el punto de rasante; estos puntos se colocarán por el eje ó directríz, (llamase directriz la línea que se supone por el centro de un camino) cuando el camino es en ladera, muchos de ellos son por el eje en pequeño desmonte, y por un lado se aumenta este, mientras que por el otro vá en terraplen, (en la figura 22 el punto *e* es el eje del camino) se hacen cortaduras á nivel en sentido trasversal en toda la latitud de la via y de uno ó dos pies de ancho la cortadura; para ejecutar estos puntos se ponen los peones mas diestros y uno solo en cada uno, estimulándolos con el abono de dos cuartos mas de jornal, con un vaso de vino etc., rivalizándolos entre sí á que el que lo haga mejor y mas pronto será preferido; cuando todo el ancho del camino vá en desmonte se colocan tres puntos en el estremo de cada rasante uno en el centro y dos á los lados y se pondrán de la manera siguiente: dado el punto del centro, que se fijará con arreglo á los datos del perfil, se colocará el nivel de agua en un sitio cualquiera, se pondrá una mira (fig.ª 2) en el punto del centro, se

(1) La cruz de las niveletas debe estar pintada por un lado de negro y por el otro de blanco, para presentar hácia el observador el color cambiado con la opuesta que está al otro estremo.

(2) En la figura 33 se ven de frente, aunque para la operacion segun la figura, se colocan de costado.

dirigirá la visual y se hará subir la tablilla de la mira hasta que coincida con dicha visual, y sin mover la tablilla de la mira se hará ir al peon á uno y otro lado de la carretera, á donde se habrá hecho ya un hoyo de la profundidad suficiente, en uno de estos hoyos meterá el peon la mira y se dirigirá la visual á la tablilla que estará fija, desmontando lo necesario hasta hacerla coincidir con el rayo visual; despues se pasará al otro hoyo y se practicará la misma operacion. Suponiendo que la esplanacion va parte en desmonte y parte en terraplen segun la fig.ª 22, que es una seccion trasversal y que la rasante es A B y la trasversal es C D, en este caso se fijarán puntos desmontando un poco en la parte que lo exige y con la misma tierra se cubrirán las estacas *b* A que se claven en lo que vá en terraplen, segun se nota en dicha fig.ª 22; el triángulo en desmonte B D *a* servirá para terraplenar el triángulo A C *a*. En algunos parajes se pueden desden luego esplanar unas fajas en todo el ancho de la carretera á la distancia de diez en diez pasos poco mas ó menos. La fig.ª 24 representa un trozo de camino en proyeccion horizontal que tiene la parte A *a* C D en terraplen y la *a'* B E C en desmonte, que equivalen, en la fig.ª 22 á la parte A C *a*, y á la D B *a*, cuya seccion se considera dada por A' *a* B' de la fig.ª 24; de las cortaduras *a b* se han sacado las tierras para rellenar los puntos *b c* hasta dejar en un plano horizontal las fajas *a b c* practicados en desmonte y terraplen.

Para poner estos puntos trasversales en plano horizontal se suele hacer uso de un reglon y el nivel de albañil, fig.ª 35, nosotros no lo consideramos de suma necesidad, porque despues de poner tres puntos con las niveletas, dos á los lados del ancho del camino y uno en el centro, se unen muy bien á ojo economizando mucho tiempo que se pierde cuando se ejecuta con reglon y nivel de albañil, por esta razon hemos dicho que los peones que se empleen en este arreglo deben ser de los mas diestros. No obstante, en algunos casos, tal como cuando el camino vá entre muros, en los replanteos de los puentes y para el arreglo de la

caja para el firme podrá usarse el reglon y nivel de albañil; de todo ello hablaremos en su lugar.

De este método de poner puntos en las laderas y aun en los llanos, se saca mucho partido á causa de que los trabajadores no dudan nada y se pueden dar tareas á las cuadrillas cuyos operarios se ribalizan y hacen apuestas al que lo hace mejor y mas pronto, todo lo cual es en fabor de la obra.

Los puntos de los lados deben estar á escuadra con la linea del centro si es recta, ó normales al mismo centro si el camino vá en curva. Puestos puntos por los lados y por el centro, se ponen peones á seguir las cortaduras hasta dejar los desmontes asilados segun se ven en la fig. 28, esta figura representa un trozo de camino esplanado con los puntos puestos para abrir la caja para firme, segun se dirá mas adelante.

DESMONTES Y TERRAPLENES.

Puestos los puntos se meten las cuadrillas de operarios y como no tienen nada que dudar adelantarán mucho y no harán ningun trabajo de mas ni de menos, es decir, que se conseguirá hacer la esplanacion de un golpe, sin tener que andar (como sucede muchas veces) despues de desmontado terraplenando porque se sacó demas ó desmontado porque se saco de menos ó porque no se hizo bien.

Generalmente las tierras de los desmontes se colocan en los terraplenes del mismo camino, á medida que se hace el desmonte se verifica la traslacion, cuya operacion se hará de la manera siguiente: los terraplenes deben hacerse por capas horizontales, teniendo cuidado que la primera capa tenga todo el ancho del camino, mas lo que comprendan los taludes, con un pie de berma por cada lado, el espesor de las capas podrá ser de dos pies poco más ó menos, los moncionados taludes deben ser, en los terrenos flojos arenosos, ligeros etc. de 1,5 de base por 1 de altura, y en

los terrenos fuertes y arcillosos de 1 por 1, ó lo que es lo mismo, á 45.° Pongamos un ejemplo: en el primer caso que se ha dicho tenemos un terraplen de 10 pies de alto, el camino ha de ser de 36 pies de ancho, pues bien, la primera capa de tierra que se coloque debe tener 68 pies á saber: 36 + 15 + 15 + 2 = 68; los 36 son el ancho que ha de quedar en la parte superior, los 15 mas los 15 son los taludes de uno y otro lado, y los 2 son para dejar uno de berma ó de refuerzo por cada lado, véase fig. 18.

Supuesto que con el desmonte A C (fig.ª 21) se ha de hacer el terraplen C B se principiará el desmonte en C, y en el mismo punto, que es el de la coincidencia se principiará el terraplen, á medida que se camina con aquel de C á A, se irá terraplenando desde C á B, cuidando de que un operario (basta un muchacho) lleve arreglada la superficie del banco del terraplen, cuya operacion se hará muy bien con una herramienta ligera y de astíl largo; se principiará el terraplen en el mismo punto que el desmonte, con el objeto de que como al llegar al punto B, se ha pasado tantos miles de veces de ida y venida, resulta un terraplen muy bien hecho, y una superficie tan lisa y compacta que á no ser por los taludes se dudaria si es terraplen ó terreno natural, y si se hacen con alguna humedad todavia son mucho mejores. Hemos hecho bastantes terraplenes por este método, y á poco se les ha echado el firme y se ha visto que nada han bajado perceptible.

El peon ó muchacho que debe cuidar del arreglo, debe encargar á los vaciadores que vuelquen las carretillas y vacien las espuertas ó cestas, al borde esterior del banco del terraplen porque si lo hacen sin órden y en cualquier sitio, no puede el peon dar abasto á allanar, de lo que resulta mucho atraso en el adelanto de la obra y se hace poca y mala; y si la tierra se portea en carretillas es mucho peor el desórden, á causa de que dichas carretillas tropiezan en las desigualdades de aquella, é impiden el libre paso á las ruedas, y los peones que las dirigen se aburren porque adelan-

tan poco y se molestan mucho, así como se animan y corren cuando la superficie es lisa y cómoda para ir y venir con facilidad; se debe tener tambien mucho cuidado en que los porteadores, sea en carretillas, espuertas ó cestos, entren por un lado los que vienen de vacío, y salgan por otro cuando van cargados; y no hay que evadirse de estos métodos con decir: *en sacando resultados poco importa que sea por este ú el otro método;* si se prescinde de la economia cuestan mucha estas obras, es claro que á fuerza de gastar dinero todo se hace, tambien se han hecho y se estan haciendo ferro-carriles y otras obras, y muy bien; por último, la mayor economía de esta clase de obras de tierra, resulta de la buena colocacion de la gente. Los acarreos de tierras se pueden hacer con carretillas de brazo, que las lleva un hombre rodando; con espuertas y cestos de mimbres ó de duelas muy delgadas de madera, estos cestos son los que se usan en las provincias del Norte particularmente en Galicia y Asturias, donde acostumbran á trabajar las mujeres que portean la tierra en la cabeza, de lo que se saca mucho partido, cuando hay que hacer un terraplen con tierras que se extraen de los terrenos adyacentes, concretándonos á ciertos casos determinados; por ejemplo: cuando hay que hacer un terraplen con tierras de las heredades inmediatas á la carretera y que dichas heredades están mas bajas (como generalmente sucede en los terraplenes) que la caja del camino, seria casi imposible portearla en carretillas, porque aunque se hagan rampas por los taludes es muy incómodo y cuestan mucho trabajo el subir de cargado, siendo así que las mujeres, muchachos y hombres suben con la cesta en la cabeza por unas escalerillas ó rampas que se forman en el talud y en sitios adecuados.

Cuando los terraplenes se hacen con tierras sacadas de los desmontes de la misma carretera, se pueden portear con carretillas de brazo siempre que la distancia no llegue á 150 metros; de esta distancia adelante no tiene cuenta acarrear la tierra como no sea en carros con caballerías ó bueyes, los mejores carros

que se conocen son los llamados Volquetes por la facilidad con que se descargan y porque los mueve una sola caballería que suele ser una mula, tambien se pueden portear en carros con una yunta de bueyes, y aunque parece que con este ganado se debe adelantar poco por su lento paso, debemos decir que este inconveniente lo recompensa, porque en lugar de media vara cúbica do tierra que se le hecha á un volquete, en un carro de bueyes se suele cargar dos varas cúbicas; esto no es decir que los carros de bueyes sean mas á propósito, solo lo decimos para ciertos paises como Galicia, donde no se conoce á penas mas ganado que los bueyes para tirar de los carros, tambien hay que advertir que las carretas para portear tierra tienen que estar acondicionadas, que su fondo y costado sea de tablas lisas y que la yunta esté dispuesta de manera que al llegar al corte no haya que hacer mas operacion que la de sacar una clavija y con un pequeño esfuerzo volcar hácia atrás el carruaje, y un hombre le acaba de quitar la tierra con el azadon, y para que el ganado no pare nada, se suelen tener algunos mas carros que yuntas.

En los desmontes se procurará no tener mucha tierra cavada, porque cuando menos se piensa viene una lluvia y se forma un barrizal que cuesta mas trabajo portear la tierra cavada que la que está por desmontar. Se debe cuidar mucho de conservar los puntos de rasante para que los peones se arreglen á ellos cuando van concluyendo el rebaje del de smcute, á fin de que no quiten demas ni de menos porque se ocasionan gastos supérfluos. El poco cuidado en las esplanaciones ha ocasionado la ruina de no pocos contratistas, que despues culpan al Ingeniero suponiendo que hizo bajos los presupuestos, sin tener en cuenta que su mal método tanto en las que llevamos manifestado, como en otras que esplicaremos, son la causa de su ruina.

El capataz de cada cuadrilla de operarios debe cuidar de quitar y poner el número de ellos segun exijan los trabajos; si observa que hay mucha tierra cavada, mudará algunos trabajadores de los

que se hallan desmontando á acarrear; si repara que los acarreadores llegan al corte y se detienen algo porque son pocos los llenadores, disminuirá aquellos ó aumentará estos, y asi debe ir equilibrando los trabajos de manera que ninguno esté parado, y no consentirá que los que acarrean llenen, ni que porteen los que llenan, esto es sin perjuicio de relevarlos; tambien observará el trabajo que mejor se les adapta para sacar partido de esto, para el arreglo, puntos, refinos etc. pondrá á los que conozca que tienen buen deseo de hacerlo bien, aun cuando no sean muy fuertes en el trabajo; para andar con las carretillas elegirá los mas jóvenes. Algunos de los trabajadores son zurdos para cojer la herramienta, de cuya circunstancia tambien puede sacar partido el capataz colocando un zurdo con un derecho al lado que mejor se avengan, por ejemplo: para palear tierra y llenar los carros y carretillas; cuando lleguen al corte dos ó mas de estas juntas, cuidará que á cada una de ellas se pongan dos llenadores, uno por cada lado, y aun cuando no haya bastantes parejas como carretillas lleguen, no por eso se deben dividir los llenadores, por el contrario, es mucho mejor que esperen un momento los porteadores entrando por un lado y saliendo por otro; algunos prefieren repartir los cargadores aunque sea uno para cada carretilla, apoyándose en que no deben estar parados, pero resulta que los despachan todos á la vez y luego se quedan plantados hasta que vienen: atraso para la obra; y ademas, un hombre solo no llena tan pronto como lo hacen dos: otro atraso para la obra; siendo asi que estando bien equilibrados los llenadores y porteadores, se forma una combinacion tan bien dispuesta que siempre hay peones vaciando tierra en el corte del terraplen, y siempre llenando en el corte del desmonte y por el camino. Las ventajas que esta buena distribucion, combinacion y método trae, son tan inmensas y tan incalculables que aunque quisiéramos esplicarlas, conocemos que no es posible y qae solo la práctica las demostrará cuando haya comparacion. Permítasenos decir sin embargo, que hemos tenido el gusto de hacer desmontes que nos

ha salido (por administracion) á 21 maravedis la vara cúbica, y en el mismo punto y con las mismas circunstancias se contrató á 68 maravedis y el destajista perdió dinero.

Tengan entendido todos los que aspiren á ser empleados en caminos, para tener cuenta de la gente (como ellos dicen) que no es esto solo lo que se requiere para ser capataz, sobrestante etc., no basta colocarse en un punto, como hacen muchos y aconsejan algunos, desde donde observen á los trabajadores, para decir al que levante la cabeza *¡hé trabaje V!*, sucediendo que el hombre que iba á respirar mientras llega la carretilla, se baja, menea la tierra y se acabó, cuyo trabajo como inútil, suele decirse *es para el obispo*. Si el capataz se dirije á uno de los que están en el corte del desmonte, baja tambien la cabeza y dá en la tierra con el mocho del azadon; y si es algun porteador, coje una carretilla la menea de un lado á otro y con ello cubre el espediente. Los trabajadores son tan sensibles como otro cualquiera ciudadano y para sacar partido de ellos hay que estimularlos y no se crea por esto que el estímulo deba ser siempre incitando con dádivas ó gratificaciones, con solo observar que su trabajo es apreciado y que vea y conozca resultados, es un estímulo que le hace trabajar con gusto, al contrario, cuando observa que todo está enredado que el trabajo luce poco y que los capataces é inspectores se ridiculizan por sus estraños é irregulares modos de mandar, entonces deliquia su ánimo y se muestra flojo y negligetite.

Todo aparejador sobrestante ó capataz de obras debe meditar antes lo que vá á mandar á los operarios y debe saber lo que manda; hay capataces etc. que mandan lo que saben, pero no saben lo que mandan.

DESMONTES EN GENERAL.

Aunque ya hemos hablado de los desmontes, conviene que nos estendamos un poco mas, á fin de aclarar mejor los diferentes métodos que en nuestra larga práctica hemos observado.

Cuando se practique un desmonte que por su mucha línea ú otras circunstancias no se puedan estraer las tierras por el corte de frente, como digimos arriba, y que haya que extraerlas por los costados, en este caso se harán rampas ó escalones para que los operarios suban y bajen, teniéndose cuidado de hacer dos rampas para cada cuadrilla, el capatáz cuidará de que los que van cargados suban por una rampa y los que vuelven de vacío bajen por otra, cuando el corte sea vertical ó poco menos (fig.ª 25) se dejarán en él unos escalones donde se colocarán obreros para que reciban las espuertas ó cestos de tierra, que se pasarán de mano en mano hasta subirlas á la parte superior, desde cuyo punto las cogerán otros y las portean al punto destinado; esta clase de portear se debe evitar cuanto se pueda, y no se debe apelar á ella sino en casos muy extremos, y en sitios que no se puedan hacer rampas; los capataces deben tener mucho cuidado de que en terreno donde se pueda andar, no se verifique el cambio que se hace de pasar de mano en mano los materiales, téngase entendido que es muy perjudicial y poco económico, particularmente en la tierra, *esta no se moverá nunca mas que una sola vez porque debe ser cogida y porteada de un golpe al punto donde haya de quedar para siempre.*

Los desmontes se harán de una sola vez sino llegan á dos metros de altura, y si pasan de esta se hará por capas de mas ó menos espesor, segun convenga y segun sea la clase de tierra. En el corte de un desmonte no se pondrán mas que la mitad de los operarios que quepan de frente ó se oblicuará dicho corte, con el objeto de que cuando se obstruya con la tierra que van picando se puedan correr á un lado los desmontadores dejando lugar para que entren los llenadores y porteadores, y asi simultáneamente y de conformidad unos con otros puedan llevár todo el desmonte á la vez corriéndose á derecha é izquierda; esto es con el objeto de evitar una tanda de operarios que suelen poner detrás de los que van picando la tierra para practicar la operacion que llaman *lim-*

piar el corte y que mientras retiran la tierra tienen que estar parados los desmontadores. Este trabajo se debe evitar, lo volvemos á repetir, *la tierra no ha de ser movida mas que una sola vez*, ademas que este método dá lugar á que siempre haya parados una tanda de peones. Generalmente los trabajadores sin saber si la tierra es arcilla, grava, arena etc. eligen la clase de herramientas que deben emplear eligiendo el azadon, la pala ó el zapapico. Los capataces deben cuidar y observar cuando dichas herramientas se van gastando para mandarlas apuntar ó calzar, y si observa que alguno de los peones es desidioso en relevar la suya se le hará cambiar; siempre debe haber un repuesto de las que mas se necesitan. Los cortes no deben ir regularizados, y siempre debe haber entradas y salidas; muchas veces conviene hacer dos ó mas cortaduras de costado y socavar de frente por la parte inferior, abriendo á cierta distancia por la parte superior é introducir palancas, con lo cual se logra se desprendan volúmenes de dos, tres, ó mas metros cúbicos; siendo evidente que para esto es indispensable que el desmonte tenga una altura de consideracion.

DESMONTE EN PEÑA.

Para desmontar en roca, lo primero que hay que hacer es despojar la cantera de toda la tierra que tenga y se le pueda quitar, cuando la roca se presente agrietada, es decir, que la cantera no sea muy compacta, se hará uso de las barras de hierro, de las cuñas y de los mazos, en las canteras de granito se puede desmontar sin necesidad de pólvora, abriendo grietas ó cuñeros con el pico de cantero é introduciendo cuñas de hierro con chapas de lo mismo á los costados de las cuñas, apretándolas á golpe con las mazas tambien de hierro. En Galicia se acostumbra mucho este método particularmente en la provincia de Pontevedra.

Cuando la peña es muy dura y cerrada se apela á la pólvora, haciéndose barrenos en aquellos puntos de la peña donde se conoz-

ca puedan producir mejor efecto, es decir, que se elegirá un sitio de la roca donde sea esta mas compacta y sin ninguna grieta, y si es posible donde tenga alguna prominencia.

El abrir un barreno es muy sencillo, abierto se le carga con la pólvora que se conceptúe suficiente; si el barreno es vertical y la piedra no tiene mucha humedad se hecha la pólvora suelta, pero si es muy oblicuo hay que meterle la pólvora en un cartucho de papel, y si tuviere agua, se la meterá en una tripa seca de vaca. Cuando se echa la pólvora á granel se debe meter una aguja fina, cuya punta debe estar introducida en la pólvora, y en segida atacándose el barreno con arcilla, yeso etc., se tira la aguja y queda un oido que se llena de pólvora mas menuda que la del barreno. Tambien se usa una vara de zarza que se abre en dos mitades en sentido longitudinal, se le saca el tuétano y se vuelve á unir, llenándose de pólvora el hueco, dicha vara se introduce despues del mismo modo que la aguja, con la diferencia de que aquella se saca para prender fuego, y á esta se le pone una mechita, bien de yezca, ó bien de pólvora amasada para que dé tiempo á retirarse al que le prende fuego.

Estos métodos que hemos dado respecto á las mechas para los barrenos, son para cuando no haya proporcion de poder adquirir las llamadas *mechas de precaucion* que son las que se usan en las minas.

Cuando se hagan barrenos en rocas muy húmedas, ó debajo del agua se mete la pólvora en una tripa seca, se introduce en dicha tripa una caña de las mas delgadas (vulgo carrizo) que esté oradada, y con una mecha de algodon preparado con nitro y pólvora que son como las de precaucion. Estas mechas tardan en quemarse por lo regular un metro por segundo, que es lo muy bastante para retirarse el que la prenda fuego, dando á la mecha el largo de dos metros, si hay proporcion lo mejor es comprar las mechas que se venden preparadas que usan los mineros.

En el puerto de Villaviciosa (Asturias) hemos ejecutado bar-

renos debajo del agua, por el método que acabamos de esplicar, sin necesidad de atacarlos porque la presion del agua hacia dicho efecto, los barrenos se abrian en las mareas bajas, se dejaba en cada uno, una barrena larga y así que subia la marea, se iba con una lancha se sacaba la barrena, se metia el cartucho de tripa seca lleno de pólvora con su carrizo y mecha y se prendia fuego sin miedo, por que la esplosion nunca salia por encima del agua.

TALUDES SUPERIORES.

Aunque en los replanteos, desmontes y terraplenes hemos hecho mencion de los taludes, conviene decir algo de estos considederados aisladamente.

Ya sabemos que se llaman taludes superiores los escarpes que se producen á los lados del camino donde se ha practicado un desmonte, y que dichos taludes deben tener una inclinacion proporcionada á la clase de terreno. Cuando es en roca, no se necesita ningun talud, pero se suele dar $\frac{1}{4}$ de inclinacion en general y sin pararse á paramentar, porque no merece la pena gastar dinero en lo que tampoco importa y á si se dará lo que buenamente se pueda, lo mismo dá que sea de $\frac{1}{4}$ que de $\frac{1}{6}$, que de $\frac{1}{3}$ etc. En las tierras compactas se formará el talud á 45.°, es decir, uno de base por uno altura, en las tierras flojas se dará $1\frac{1}{2}$ de base por uno de altura; para cortar bien los taludes se harán maestras de arriba abajo, se marcarán por la parte superior y se meterán los operarios: la fig. 23 representa una seccion de camino en desmonte; A B C D es lo que se ha desmontado en un terreno flojo que exije $1\frac{1}{2}$ de base; la altura vertical B C es de 12 pies, y la A D es de 8 pies, por lo que hay que meterse á marcar en el terreno desde B á E 18 pies, y desde A á F 12 pies, y desmontar los dos triángulos B C E y A D F; midiéndose asi las alturas en toda la longitud del desmonte y marcando vez y media dicha altura á uno y otro lado del referido desmonte y desde estas marcas que se unirán con un surco se bajarán las maestras, cuando se le dé tanta base co-

mo altura, se medirá esta y otro tanto, abriéndose las marcas maestras como se acaba de esplicar.

TALUDES INFERIORES.

Los taludes inferiores exigen mas proligidad que los superiores porque de hundirse estos no resultarian mas daños que los de ensuciarse el camino, pero de aquellos podrian venir consecuencias muy fatales, como cortarse el camino etc., por esta razon digimos en su lugar y repetimos ahora, que los terraplenes se deben hacer por capas de poco espesor, (1) cuyo ancho esté exagerado con refuerzo para que haya donde cortar á fin de poder arreglar las tierras; verificado este arreglo se revestirán las aristas superiores con céspedes si los hay y se sembrarán en los costados algunas semillas, grama etc. En los paises húmedos producen una utilidad muy provechosa los céspedes y las plantaciones; un talud revestido de tepes se consolida de tal manera que al cabo de algunos años es mas seguro que si se hubieran puesto muros de piedra.

MAS SOBRE ESPLANACION.

Como la esplanacion de un camino exige mas método, y prolijidad que á muchos les parece, queremos ser difusos redundando mas y mas en espresiones sobre algunas generalidades y particularidades de estos trabajos; los contratistas miran con indiferencia el movimiento de tierras, sin tener en cuenta que de una cosa pequeña y al parecer insignificante, depende la suerte de una grande empresa, desde el modo de astilar una herramienta, cojer esta, dirigir los cortes, *cuidar que los materiales no sean movidos mas que una sola vez* (2) que el capataz y demás inspectores cuando dispongan ó manden una cosa, sea acertada, que el encargado

(1) Las líneas de puntos de la figura 21 indican como se han de echar las capas de tierra.
(2) Lo que digimos respecto á la tiera páj. 129 entiéndase para todos los materiales.

de vigilar á los trabajadores no sea un necio de aquellos que con pasar un poco de sol, de frio ó de lluvia les parece que ya cumplen su mision, y se están en medio de aquellos sin darles mas disposiciones que las de ¡*trabajar*! ¡*Vamos*! ¡*Vamos*! todo, todo es menester tenerlo en cuenta; el no hacerse cargo bien de todo ello es la perdicion de muchos: si algunas empresas de caminos hubiesen contado con hombres prácticos é instruidos que se hubieran puesto al frente de los trabajos, no hubieran tenido que apelar á su alzacion, respecto á las obras,

Hemos dicho que el movimiento de tierras exige mucho método, porque hemos observado que la mayor parte de los contratistas de caminos fijan particularmente su atencion en las obras de fábrica, en las que detienen sus ideas y redoblan su vigilancia, como por ejemplo en un puente, cuyo presupuesto sea de diez ó doce mil duros, para esta obra buscan todos los medios posibles á fin de obtener su ejecucion, y aunque en ello estamos perfectamente de acuerdo, porque en las obras de fábrica hay en efecto que redoblar la vigilancia, (como diremos en su lugar) sin embargo, no se deben descuidar los desmontes y terraplenes, como generalmente sucede, mirando con indiferencia y hasta con desprecio el dar ó recibir instrucciones para cojer una espuerta de tierra, y sobre otras cosas que parecen y no son insignificantes, resultando que no solo tienen á menos pararse en ellas los contratistas sino algunos cientificos, sin hacerse cargo unos y otros que en España el movimiento de tierras y el firme de un camino por un término medio, cuestan tres ó cuatro veces mas que las obras de fábrica; segun se ve por la relacion del coste aproximadamente, que siendo el de la esplanacion y firme 0,78, el de las obras de fábrica es el de 0,22, total 1,00.

Tambien debemos manifestar que no se debe hacer caso de teorías vagas v. y gr. lo de *colocar las tierras mas grasas y migosas; cubrir el alomado con sustancias impermeables, apartan las arcillas de las tierras secas y cascajos, etc.* La direccion general

de Obras públicas ha desechado por absurdas algunas condiciones de las llamadas generales, como aquella que decia: «*Los caminos en ladera, irá solo el paseo esterior en terraplen, y lo demás en desmonte.*» Esta condicion se ha suprimido porque la práctica ha demostrado que no puede llevarse á cabo, en todas las laderas por regulares que sean, hay altos y bajos, pequeñas arroyadas y estribaciones que aunque á primera vista no se perciban, aplicadas las niveletas producen desmontes y terraplenes y aun obras de fábrica, y así sucede que unas veces tiene que ir el camino todo en desmonte, y otras todo en terraplen, y otras vá la mitad mas ó menos de uno y otro, y así tiene que suceder, porque pocas laderas habrá tan regulares que puedan ser perfectamente paralelas al eje que se traza para un camino. Los perfiles aclararán si el camino va en desmonte ó terraplen.

Aun hay quien sostiene la referida condicion, que tan bien se aviene con la teoría, como imposible es en la práctica.

CUNETAS.

Hecha la esplanacion de un camino, se abrirán las cunetas en todos los puntos donde la via vaya en desmonte y en coincidencia con los terrenos adyacentes, las dimensiones de dichas cunetas deberán ser segun las localidades, generalmente se les da 2 pies de ancho en la parte superior y 10 pulgadas en el fondo tambien de ancho y la profundidad es variable, á saber: al principio de la rasante (principiando por la parte mas alta) no se necesitan mas que de 6 á 8 pulgadas, á causa de que como estos puntos son el orígen de las aguas, nunca podrán ser estas en tanta abundancia como á las conclusiones de dichas rasantes, á donde se les dará de 15 á 20 pulgadas de profundidad, y aunque parecerán mezquinas estas dimensiones debemos decir que cuando las cunetas son en tierra, es preciso que se hagan pequeñas, despues se van agrandando con la rectificacion de líneas, con la

conservacion etc. , y vale mas que haya berma donde cortar, que tener que añadir ; debe entenderse que hablamos de obras de tierra, y por la misma razon dijimos en otro lugar que se diera á los terraplenes un pie de berma en sus aristas, y que al señalamiento con dos surcos, segun nuestra opinion fundada, se deben abrir al ancho del camino mas lo que comprendan los taludes y un poco mas, con el objeto de que sobre para que se pueda cortar.

De lo dicho se infiere, que toda obra de tierra que sea rellenar, terraplenar etc., se debe exagerar para que haya donde recortar cuando se proceda al último arreglo; y que en toda obra de tierra que sea de concavidad, se debe escatimar para tener donde cortar al arreglar las líneas; en el primer caso se encuentran los terraplenes y en el segundo las cunetas cuando sean en tierra.

Además de las cunetas del camino, se deben hacer otras en todos los puntos donde aquel vá en desmonte, en la parte superior de este, particularmente cuando es en ladera, que se llaman *cunetas de coronacion;* estas se harán un poco separadas de la arista superior, es decir, que aun cuando el desmonte se haya hecho vertical, hay que tener en cuenta que con el tiempo (á no ser que sea en peña) ha de buscar y se ha de hundir hasta quedarse por lo menos á 45.°, por esta razon para abrir la cuneta de coronacion hay que retirarse de la arista superior otro tanto como tenga el desmonte de altura, con mas uno ó dos metros para que sirva de berma ó refuerzo; estas cunetas de coronacion, se empedrarán medio metro en cada diez metros lineales y si la pendiente longitudinal es de $\frac{1}{30}$ ó de $\frac{1}{50}$ se empedrarán cada cinco ó seis metros, sino llega al uno por ciento basta que se empiedre cada cuarenta ó cincuenta metros; lo mismo se hará con las del camino, con el objeto de que las aguas no socaben.

En los terraplenes de un camino no se debe echar el firme, hasta que hayan hecho su asiento, el cual no se verifica regularmente hasta que le pase un invierno, ó una época de tres meses, siempre que en este tiempo haya llovido bastante.

ACONTECIMIENTOS EN LOS DESMONTES.

Cuando se ejecutan desmontes en una ladera que está á mas de 40.° y el terreno es acuoso, es muy dificil detener las tierras de la parte superior de la ladera, y hay que acudir y precaver poniendo los medios para contenerlas, los desprendimientos no suelen acontecer hasta pasado algun tiempo despues de verificado el desmonte, por lo general no acontecen hasta que el tiempo se mete en lluvias copiosas, es verdad que tambien depende de la clase de terreno; la arcilla aunque es impermeable suele tener unas venas que lo son por donde se introduce el agua, esta reblandece y ocasiona los desprendimientos, asi se vé muchas veces que estos son de diferentes inclinaciones, y que hay resbalamientos contra escarpados, segun la direccion de las venas, no sucede lo mismo con las tierras arenisceas, los desprendimientos en estas suelen ser mas lentos y proporcionales á la altura del talud ó corte, es decir, que se van desprendiendo poco á poco hasta buscar el talud de 45.° poco mas ó menos. En terrenos que por la circunstancia de ser en ladera muy inclinada y que además sea acuoso (prescindiendo de si es *arcilla mica*, *arena* etc.) y en el que se conoce que no puede dejar de desprenderse, se construirá un muro de piedras en seco de dimensiones crecidas, dicho muro no se paramentará por dentro, sino que al contrario se construirá lo irregular posible introduciendo en la tierra unas grandes piedras que sobre salgan del espesor del muro; este debe tener de grueso en su base como altura se le ha de dar, el alto de esta clase de muros nunca debe pasar de 9 á 12 pies, aunque el del desmonte sea de mucho mas, lo que esceda se arregla en talud; en la parte superior podrá terminar el muro con un ancho igual á la tercera de su altura total.

Supongamos un terreno en ladera cuya trasversal es A D B F (fig.ª 20) y que la rasante pasa por el punto A y que el eje ó directriz es el punto D, á primera vista se nota que hay que terra-

plenar A *b c*, y que desmontar por lo menos el espacio comprendido entre A D C B, en el que se dejará el talud C B, mas como al tiempo de practicar el desmonte se ha observado la poca consistencia del terreno y además que su trasversal es muy fuerte, hay que precaver todo lo que pudiese suceder, y para ello no se debe rellenar de tierra el triángulo A *b c* porque la tierra que se fuere echando establecería una base que tal vez iria á formarla en el fondo de la encañada, y por esta razon debe construirse el muro de sostenimiento A *b c d*, construyéndose en el otro lado (despues de desmontar el espacio A D B C, que es el que se necesita para el camino) el muro de sostenimiento B C E; en este muro que debe ser en seco para que puedan tener lugar las filtraciones, se dejarán además unos conductos en los sitios á propósito para reunir dichas filtraciones y conducir las aguas á la cuneta; estos conductos ó pequeñas abertaras se pueden introducir en el desmonte en la parte que se considere conveniente para que puedan reunir las aguas.

El objeto de los dentellones y resaltos que se notan en el muro B C E (fig. 20) por el lado interior y contra el terreno, es el de que las tierras no hagan la fuerza por igual para que no tiren el muro.

Hemos dado estas instrucciones para casos estraordinarios, como el que tenemos presentado, por lo demas en general no hay que hacer estas obras que siempre son de mucho coste.

REPLANTEO DE LOS PUENTES.

Para replantear un puente se fijará el eje ó directriz del camino clavando estacas muy bien alineadas á uno y otro lado del rio; se levantan perpendiculares desde dicho eje á los costados, y se fijan piquetes que indiquen el ancho del puente, para levantar dichas perpendiculares se hace uso de la escuadra (fig.ª 54) adaptando uno de sus brazos á la línea del eje y prolongando la direc-

cion del otro, por ejemplo: el brazo A B se adapta á un renglon que descansa sobre los piquetes del eje, y desde B se atiranta un cordelillo que pase por C, teniendo mucho cuidado que dicho cordel sea perfectamente paralelo á la linea B C, y para que no haya duda se arrimará á dicha línea todo cuanto se pueda; pero que no toque al brazo de la escuadra; de este modo se van midiendo desde el centro los anchos del puente, los espesores ó gruesos de las pilas, estribos y tajamares, todb segun el plano, á cuyas dimensiones hay que sujetarse estrictamente.

Al formar el presupuesto del puente y mas fábrica, dijimos que como obra de arte está sujeta á las leyes de la mecánica, y que no creemos sea de la jurisdiccion de esta obra, no obstante, debemos decir que la solidez de un puente consiste en su fundacion ó cimientos, que se tenga mucho cuidado on asegurar estos, en los que debe fijar mas la atencion el constructor; y en donde no haya firme natural se conseguirá la seguridad haciendo artificialmente fundaciones por medio de un sistema de pilotaje, sobre el cual se apoya una parrilla cuyos huecos ó cuarteles irán perfectamente zampeados; se tendrá mucho cuidado que éste quede á nivel cerrado para que reciba la losa de eleccion que ha de ser la base de la fábrica (1); en este zampeado se ponen los puntos horizontales con el nivel que llaman de albañil (fig.ª 35.)

Este nivel se compone de dos reglas iguales A B, B C unidas por un estremo B de cuyo vértice cuelga un hilo que tiene un plomito D; á la mitad de sus lados tiene un travesaño tambien de madera que formando la base de un triángulo, asegura los dos brazos, con una division que lo divide en dos partes iguales; colocado este nivel encima de una regla que se pone de canto, cuando el hilo B D coincide ú oculta la línea de la division que hay en medio del travesaño, es señal de que la linea sobre que insiste es horizontal, y así se irá recorriendo el renglon y nivel. En el do-

(1) Las maderas mas á propósito para los pilotes son el pino, el roble y el haya.

minio del agua se usará el mortero hidráulico. Con cal eminentemente hidráulica, piedra partida y alguna arena, se hace una mezcla que se llama *hormigon* que es el mejor eficiente que se ha podido inventar para salir de apuros en esta clase de obras, porque hace el efecto con tanta actividad que á los pocos minutos se vé convertido en un gran sillar de piedra muy dura, lo que pocos momentos antes era polvo y pequeñas partículas, para los cimientos de los puentes ó presas para retener aguas, y que hay que fundar donde se presentan filtraciones abundantes, es muy útil y á propósito. Tambien se usa el hormigon fuera del dominio del agua sin necesidad de que la cal sea hidráulica; con el hormigon se pueden hacer cimientos, tapias, muros, arcos y bóvedas, con tal que se pongan algunas carreras de sillería que sirvan como nervios firmes que aten y retengan el hormigon; el arco de un puente se puede construir sus frentes con dovelas y lo demás con hormigon aunque este sea de piedras algo crecidas. Para construir esta clase de arcos y bóvedas, es necesario que las cimbras estén muy bien construidas á fin de que el espacio ó espacios (1) que se han de rehenchir con el hormigon resulte una superficie cóncava y lisa al haz ó cara interior de las dovelas. Los romanos lo usaban mucho segun se nota en las ruinas que de sus obras se conservan en muchos parajes de España que equivocadamente el vulgo las denomina *obra de Moros*. El acueducto de Mérida que es de romanos, es su mayor parte de hormigon.

Quede sentado que el hormigon para obras es útil y á propósito y tambien económico (prescindiendo del eminentemente hidráulico por lo que cuesta la cal) y puede suplir á la sillería.

Sigamos con el puente: se cuidará de que toda la piedra que se emplee en el interior de esta clase de fábrica sea de la mas dura y compacta que se pueda adquirir. Los cimientos de mam-

(1) En las bóvedas peraltadas se pueden poner carreras de arcos y rellenar los espacios con hormigon.

posteria se harán sentando piedras de buenas dimensiones picándolas por sus caras inferiores y superiores para que formen lechos y sobre lechos, macizando las juntas y huecos con otras de menores dimensiones, y haciendo entrar á golpe de martillo todas cuantas piedras se puedan introducir por los huecos, echando mortero muy bien batido para que se introduzca; este mortero es sin perjuicio del que se debe echar para asentar las piedras en todas y en cada una de ellas, con la diferencia que este se ablandará mucho mas con el objeto de que se pueda introducir. Enrasados los cimientos y bien nivelados, deben dejarse algun tiempo para que hagan su asiento y despues se procederá á la construccion de la fábrica por hiladas de sillería, cuidando mucho que todos los paramentos queden bien sentados á hueso, y cortadas en cada hilada las juntas verticales de los sillares, así mismo en cada una se enrasará á nivel con el sobre lecho todo el macizo interior de las pilas y estribos.

IMPOSTA.

Encima de los arcos y tangente á ellos se debe colocar una línea de sillería que se llama imposta, faja ó mocheta, que podrá ser de un pie de alto que sobresalga una pulgada de la demás fábrica que es el único adorno que debe llevar esta clase de obras.

MUROS DE SOSTENIMIENTO.

Los muros de sostenimiento, en particular los de las avenidas de los puentes se construirán de mamposteria concertada, y se les dará $\frac{1}{6}$ de talud; la fig.ª 30 representa una seccion trasversal dada por un punto donde la carretera vá entre muros de sostenimiento; por regla general á estos muros hasta 12 pies de alto se les suele dar por base en los cimientos la mitad de su altura, teniendo cuidado de perder grueso segun se vá subiendo para terminar arriba con tres pies. El espesor se vá perdiendo con el talud y con los resaltos que se dejan por la parte interior de los mu-

ros segun se representa en la fig.ª 30, dichos resaltos hacen muy firme la obra y evitan el que las tierras hagan demasiada presion segun mas por menor lo esplicamos en la pag.ª 158, (véase la figura 20.)

Se cuidará en la construccion de estos muros de que en la trabazon y órden de colocar las piedras se entrelacen unas con otras, y que toda junta de dos piedras quede cubierta con otra de la hilada que sigue, y esto no solo se debe hacer por el frente sino que por la parte interior ó grueso; se tendrá por regla costante para la colocacion de las piedras de que estas vayan á soga y tizon y que generalmente lleve mas de estos.

No hacemos mencion de los cimientos porque ya lo hemos indicado para los del puente, y porque la profundidad de dichos cimientos depende de la calidad del terreno, solo diremos, que por consistente que sea, no deben tener menos de tres pies de profundidad, cuyo fondo se dejará horizontal, si el terreno está inclinado se pueden abrir en escalones, esta advertencia de escalonar los cimientos que se abren en terrenos inclinados, entiéndase para toda clase de obras de caminos, sean puentes, muros, caños, tarjeas y alcantarillas; cuando se construyen estas en laderas de mucha inclinacion tambien se puede escalonar su pavimento inferior, y aun las tapas siempre que vayan dentro de un terraplen. En un lado del muro del puente de la fig.ª 17 se vé un cimiento escalonado marcado con puntos. Tambien debemos advertir, porque es muy esencial, de que vayan siempre á nivel el terraplen interior con los muros de sostenimiento para evitar el trabajo de tener que subir la piedra, poder tener los materiales á la mano y sobre todo que el terraplen queda muy bien apisonado á la conclusion de los muros, este método es económico y útil.

Los encargados de vigilar, cuidarán de que en tiempo muy seco rieguen la piedra al tiempo de ponerla en obra, y si los muros que se construyen son de ladrillo con mayor motivo.

Se observa con frecuencia que los albañiles son descuidados

en abrevar el ladrillo, y hemos observado en las obras del Canal de Isabel II, á las que pertenecemos como uno de sus inspectores, que los destagistas miran con mucha indiferencia lo de mojar el ladrillo para ponerlo en obra.

MACIZOS DE PIEDRA CON CAL.

Los macizos que se colocan encima de los estribos enjutas y trasdos de los arcos, deberán ser de piedra con cal, y se construirán teniendo mucho cuidado de rellenar los huecos enrasándolos con piedras menudas y con mezcla bien desleida.

PRETILES.

Los pretiles de un puente se construyen de mampostería y sillería, esta debe ser preferida y de piedras crecidas siempre que se pueda, para que no sean fáciles de mover por los pastores y pasajeros que se suelen ocupar en destruirlos, sacando las piedras que son fáciles de extraer, y esto tiene lugar cuando se construyen de mampostería, por esta razon son preferidos los de sillería aunque cueste algo mas.

CIMBRA.

La cimbra de un puente es la armazon de madera sobre la cual han de construirse los arcos, por lo que es indispensable que la superficie convecxa qne á de formar, esté muy bien construida y arreglada para que resulte tambien muy regularizada la superficie concava de los arcos.

Para la cimbra del arco de un puente de 27 pies de ancho como son generalmente los de las carreteras, se necesitan seis pies derechos que se pueden apoyar (si el puente no es muy alto) en el zócalo inferior; mas si el puente es de una altura algo considerable, se dejan unos detellones en el arranque de los mismos arcos para apoyar los pies derechos, fijando por lo menos tres á cada lado y unos cinco cerchones que se apoyan en dos tendidos que

sostienen los seis pies derechos etc. Además se necesitan tornapuntas y jabalcones, las tablas suficientes para cubrir toda la superficie cóncava que ha de formar el arco y unos cuantos aprestes que se meten en los vanos de los cerchones para evitar el cimbramiento de las tablas, con una porcion de cuñas hechas á propósito para que se adapten en los puntos donde convenga, á fin de hacer que toda la armazon esté sólida sin cimbramientos ni vibraciones, cuyos pormenores de ejecucion consideramos que los que se encarguen de estos trabajos sabrán dirijirlos; además que todo aparejador facultativo que dirija la obra de un puente tiene que sujetarse extrictamente á las dimensiones y condiciones del proyecto que se haya formado de antemano y el que quiera construir un puente y quiera proyectar una cimbra se escusa el trabajo de discurrir ni inventar y basta solo que sepa copiar y ejecutar una de las muchas que hay dibujadas.

FIRME.

Hecha la esplanacion y despues que esta haya formado su asiento, se abrirá la caja para el firme, dicha caja debe ser de seis pulgadas de profundidad y horizontal en su trasversal. Para hacer estas dos superficies y conseguir que la de los bordes ó paseos estén seis pulgadas justas mas alta que el fondo de la caja, se practicará lo siguiente: se clavarán dos estacas á la altura del paseo, *a b* (fig. 27) la una frente á la otra, á escuadra; para esto siempre se busca el estremo de una rasante, y se pone una á la altura en que esté la esplanacion, y la que está enfrente se colocará perfectamente á nivel con la primera que se clavó, para cuya operacion y la que diremos; se plantará el nivel en un punto á propósito segun se dijo para la esplanacion págs. 121 y 122. En seguida y sin mover el nivel, se subirán seis pulgadas á la tablilla de la mira, y se bajará esta hasta que la misma visual con que se pusieron á nivel las estacas coincida con dicha tablilla de la mira,

cuya operacion se hará al pie de cada estaca, rebajando las seis pulgadas al lado de cada una, en cuyos puntos se pondrá un canto bien asegurado y además se marcará en la estaca con un golpe de sierra ó una cortadura etc, en seguida y con la misma altura de mira, se colocará otro punto en el centro de la caja segun se vé en la fig.ª 27; si la piedra para el firme está escasa, se pondrá este punto del centro dos pulgadas mas alto que los dos de los lados, con el objeto de que el fondo de la caja resulte un poco convexo para economizar algunos cargos de piedra: verificada esta operacion tendremos ya la base para los paseos y caja en un estremo de rasante, despues se hará la misma operacion en el otro estremo de la rasante, esto es, se fijarán otros cinco puntos de la propia manera que vá esplicado, y en seguida se colocarán con las niveletas muchos puntos (que podrán ser cada cuatro pasos) por las aristas ó bordes de uno y otro lado de la caja en la parte superior é inferior y por el centro de la misma, todo segun se dijo para las esplanaciones. Despues se pondrá un peon diestro en cada uno de dichos puntos, el cual hará una faja de un pie de ancho y del largo del ancho de la caja, arreglando un trozo pequeño de paseo en cada punto de los superiores, con arreglo á ellos mismos, tambien arreglará el peon en cada punto, lo que le corresponda hasta unirse con el otro compañero mas cercano, otra faja de un pie de ancho por el eje ó directriz, de manera que quede la esplanacion de la caja dividida en cuadrilateros cortados ó arreglados por sus cuatro lados. La fig.ª 28 reprasenta en proyeccion horizontal un trozo de camino esplanado con los puntos puestos para abrir la caja para el firme. Practicadas estas operaciones se ocuparán los peones en desmontar los cuarterones, segun ellos mismos dicen, por cuyo método el trabajo se aumenta mucho y se hace muy bien.

Tal vez parecerá que en estas proligidades se malgasta el tiempo, por el contrario, estos son verdaderamente adelantos en economía, utilidad y bondad de la obra; los peones que llamamos

diestros, se estimulan cuando el capataz ú otro inspector les diga que el que lo haga mejor y mas pronto ganará medio real mas de jornal, esto les basta para que pongan mucho cuidado en adelantar y hacerlo bien, además de que tenemos observado muchas veces que ellos mismos recorren y observan lo que sus compañeros hacen, lo cual les estimula entrando en envidia y rivalizándose de tal manera que se disputan para lograr hacerlo mejor y mas pronto. Los peones simples por torpes que sean lo hacen bien y se consigue que no se desperdicie un solo golpe, porque como tienen tantos puntos por donde guiarse no desmontan mas que lo necesario. En otro lugar dijimos que algunos contratistas de caminos se arruinaron por desidiosos y por no poner puntos, gastando el tiempo en quitar y volver á poner, como generalmente sucede; cuando los trabajadores ven resultados, se apodera de ellos una animacion tal, que les hace adelantar mucho, y trabajando con gusto se saca un gran partido; muchas veces al hacer tales trabajos, les hemos oido discurrir infundiéndose unos á otros esfuerzo y voluntad propia complaciéndose en adelantar mucho por el efecto que les causa los buenos resultados de su trabajo, apostando al que mejor y mas pronto arregla su cuarteron.

Concluida la caja se arreglan un poco los paseos y decimos un poco porque el arreglo definitivo (ó el refino que llaman los vizcainos) de los paseos laterales, no se debe hacer hasta que esté concluido el firme; uno de dichos paseos debe destinarse para el tránsito y para que por él vengan los carros ó caballerías con la piedra, y el otro para ir acopiando la que sea mas á propósito para la última capa y para machacarla á mano como diremos despues. La fig.ª 27' representa una seccion de camino con la caja abierta y preparada para echarle la piedra, esta se debe tener acopiada antes; se llenará pues la caja con las mas duras y gruesas, procediéndose al marreo con almadenas de astil largo y flexible, por cuadrillas de machacadores que lleven una vara

de ancho por cada uno, por ejemplo: el firme de 24 pies de ancho necesita que las cuadrillas sean de á ocho marreadores ni mas ní menos, porque si se ponen mas no se pueden manejar bien, y si se ponen menos tienen que correrse á uno ú otro lado y en esta clase de trabajo no deben abarcar mas que lo que alcancen marchando de frente, siendo muy peligroso el que uno de los machacadores se desmande, atrasándose ó adelantándose: hemos visto perder un ojo con una chispa de canto rodado á un jóven por haberse separado de su sitio, sin que por esto deba entenderse que siempre que se separe un peon haya peligro; estos partidores suelen ponerse cuando hay proporcion, unos corchos desde el pie hasta cubrir las rodillas, ó unos cueros duros etc., sin que haya necesidad de esplicar con que objeto.

A las referidas cuadrillas se les debe dar tarea de 30, 40 ó 50 metros lineales al dia, segun la clase de piedra, porque si es canto rodado, siliceo, no se les debe dar mas que unos 25 metros lineales; si es piedra cáliza 40 metros tambien lineales, y si es granito duro, 30 metros así mismo lineales.

Las almadenas deben ser muy bien aceradas por las dos bocas, y estas convexas, ó lo que vulgarmente se llama boca ahuevada, pero con sus cuatro esquinas correspondientes; (fig.ª 32) los astiles serán flexibles, y el método para machacar debe ser el siguiente: supongamos que van ocho partidores en cada tanda, pues bien, cuatro de un lado deben descargar el golpe, mientras los otros cuatro levantan las almadenas al aire, y cuando estos descargan, aquellos levantan, llegando á cojer por este medio lo que se llama el *compás*. Mientras se está marreando no se debe permitir á ninguno que fume ni salga de su sitio y les capataces ó encargados deben tener cuidado de darles sus paradas prudencialmente para que fumen, descansen etc.; las almadenas deben pesar de tres á cinco libras. Si la piedra fuese muy guesa ó hubiese algunas que lo sean, se debe cuidar de que delante de cada cuadrilla se coloque un peon de los demás fuerza, con un martillo

del peso de diez á quince libras y vaya quebrantando todas las que sobresalgan por sus grandes dimensiones, sin necesidad de machacar á corte abierto, el referido martillo debe ser de bocas esquinadas y planas muy bien acerado. Tampoco es indispensable que lleven el machaqueo á corte abierto las cuadrillas, siempre que no dejen ninguna piedra sin quebrantar de las que sobresalen, pues queda el firme mucho mas sólido y con una base de mas resistencia dejando las piedras quebrantadas y sentadas á golpe de martillo, con tal de que no quede ninguna á la vista que sea redonda ni de grandes dimensiones.

La igualdad de grueso de la piedra en la primera capa, es inútil y sobre todo no es económica; tampoco se deben colocar á mano, porque estos escesos de escrupulosidad á nada conducen, al contrario, la buena trabazon de un firme se consigue empleando toda clase de tamaños de piedra y machacando todas las puntas salientes para que con los detritus que se desprenden, se haga la trabazon que es necesaria y quede una superficie plana.

El abrir el corte hasta remover la última piedra que está clavada en el terreno, es una operacion de la cual resultan dos daños, el primero es, que como las piedras no quedan sentadas á golpe, no hay base sólida para sostener encima la capa de piedra que se machaca á mano, y ésta como mas menuda se introduce y se vá á lo mas hondo; lo mismo sucede con el recebo, y aunque para remediarlo le suelen cargar la mano de éste, resulta despues que en las primeras lluvias se pone el camino hecho un lodazal; el otro daño que resulta y es el peor, es el de que por el método indicado de corte abierto, cuesta el machaqueo tres ó cuatro veces mas caro que por el que llevamos propuesto.

Despues de estendida y machacada la primera capa, se procederá á un ligero revoco, que se hará á mano, quitando piedras de un lado y echándolas á otro, poniendo algunas espuertas de piedra de la que se ha machacado fuera de la caja, para rellenar algunos bajos; se hará un apisonamiento muy á la ligera con pi-

sones de madera toscos, y decimos muy á la ligera, porque el objeto no es apisonar y sí solo arreglar la superficie; revocada y arreglada esta, *se le debe echar una ligera capa de arcilla ó de otra cualquiera clase de tierra, no debiendo ser mas que la suficiente para que forme una superficie plana sin prominencias ni concavidades.* En este estado se pasará si hay proporcion un cilindro ó rodillo compresor que no sea de grandes dimensiones para que lo maneje bien una yunta ó una sola caballería, basta uno de los que usan los labradores para asentar las heras, pero si para ello no hay proporcion, no merece la pena de gastarse dinero en cilindro; encima de la citada capa de tierra, se echará la última capa de piedra de la que se ha machacado á mano fuera de la caja, cuyas dimensiones (las de cada piedra) no deben pasar de unos 2.½ centímetros ó una pulgada poco mas entre sus aristas; para conseguir que la piedra para ésta última capa sea menuda y uniforme, se le dará al capatáz un calibrador de hierro (figura 29), de 3 centímetros de diámetro, y dicho capatáz ó sobrestante, lo expondrá á la vista de todos los partidores para que se sujeten á él, y si recorriendo los tajos observa que algun peon la lleva gruesa, le llamará la atencion cojiendo una piedra y diciéndole, *esta no cabe.*

El machaqueo á mano se hace sentado, con un martillo de mango corto y sobre una piedra que sirve de yunque, este trabajo se puede hacer por tarea y por muchachos y mujeres además de los hombres, para esta operacion se destinará uno de los paseos de la carretera, que se llenará de montones de piedra de á dos ó mas cargos cada monton, sirviendo de medida un cajon cuadrado sin fondo ni tapa de tres pies de lado y uno y medio de alto.

Para machacar la piedra á mano, podria rodearse el yunque con una alambrera, con el objeto de que no se desperdicie la piedra, nosotros consideramos innecesaria esta prolijidad, porque no se desperdicia en verdad una sola piedra y lo demos-

traremos: supongamos una línea de paseo llena de montones de piedra, donde machacan cuarenta ó mas partidores, cada uno de estos coje un espacio de cinco ó seis metros lineales y del ancho del paseo, los cuales están llenos de piedra, el partidor se sitúa teniendo mucho cuidado de formar un parapeto en los lados para aprovechar la piedra que salta, y si alguna que otra así lo hace y pasa la línea, la aprovecha el otro partidor que le sigue, siendo evidente que la que salta hácia la caja aprovechada queda, observándose que nunca saltan hácia la parte exterior del camino, porque siempre se eligen sitios á propósito donde aquel vaya en desmonte, además de que el peon sabe que debe colocarse volviendo la espalda al lado donde conoce que no debe ir ninguna piedra.

Despues que queda machacada la piedra, se junta en toda la línea del paseo, dejándolo limpio y aun barrido para aprovechar bien los detritus que es muy esencial, por ser lo mas útil.

Nos parece haber demostrado que aunque no se ponga alambrera no se desperdicia la piedra.

Tenemos dicho que se debe echar la última capa de menudo que es la que forma el bombado, y ahora diremos tambien que éste debe tener el desnivel de uno por 15 del centro á los costados cuya inclinacion ó pendiente es la muy suficiente, y es en efecto la que se suele dar á las carreteras, pues en las condiciones del firme se pone: el alomado del firme será $\frac{1}{30}$ del ancho, este ancho por lo general en las carreteras es de 24 pies, pero como el desnivel vá del centro á los lados por esta razon resulta doble, es decir, que en lugar de $\frac{1}{30}$ será de $\frac{1}{15}$ ó sea 0,06666 etc.

Para que el bombado salga uniforme, se suele usar un cerchon, pero es operacion engorrosa y cuesta dinero, ade más no dá buenos resultados, á causa de que para aplicar el cerchon es menester que la arista del paseo ó el borde de la caja del firme esté perfectamente arreglado á la rasante, cosa casi imposible, porque si bien en general se arregló con las niveletas, con el servicio se

á desarreglado, y así creemos que para que el alomado salga perfecto, se deben poner muchos puntos por el centro, de la manera siguiente: si el firme es de 24 pies de ancho, la 30.ª parte será de 0,8 de pie, que vienen á ser 9 $\frac{1}{2}$ pulgadas próximamente ó 22 $\frac{1}{2}$ centímetros; se toma dicho centro ó directriz en un extremo de rasante que podrá ser donde se clavaron las estacas para abrir la caja; se plantará el nivel de aguas, y se practicará la misma operacion que se hizo para poner los puntos de rasante del paseo y del fondo de la caja, (fig.ª 27) con la diferencia de que allí se pusieron tres segun se vé en dicha fig.ª 27, y ahora no se debe poner mas que uno solo que debe ser en el centro punto *e* de la figura 30, que esté 0,8 de pie mas alto que los dos piquetes de las aristas *a b* de la fig.ª 27 que se clavaron entre el firme y el paseo; tambien se puede poner este punto del centro *e* colocando dos piquetes en los bordes de la caja, uno en *a* y otro en *b*, (figura 30) á la altura convenida y atirantando una cuerda delgada desde *a* á *b* y se fijará el punto *e* del eje; esta operacion se hará en los extremos y despues con las niveletas que ya sabemos usarlas, se pondran muchos por el centro bastante cercanos, como cada tres pasos uno, estos puntos no necesitan estaca y solo se les echará piedra menuda y encima una paladita de grava con arena algo húmeda á fin de palmotearlo para que quede fijo, colocándose en cada uno un canto ó un ladrillo que despues se quitarán, y de esta manera se sacará un bombado muy exacto y arreglado, aunque se debe tener mucho cuidado en que el desnivel desde *e* á *a* y *e b* (fig.ª 30) no vaya en rampa, y sí que haga un poco de trasdos ó relleno de los costados, los que vulgarmente se llaman los riñones del firme, segun lo mencionado al hacer los cálculos del material del mismo.

Estas dilataciones y esmeros deben mirarse como indicaciones convenientes hijas de la esperiencia, los inspectores de obras las deben tener presente para conseguir con ellas los mejores resultados.

Despues de echada la última capa y arreglado ya el firme, se procederá á echar el recebo, mas esta operacion que se cree indispensable y se tiene casi por imposible el que un firme pase sin recebo, para nosotros es muy insignificante, pudiendo asegurar que construido el firme segun nuestro método no necesita ningun recebo, particularmente en los paises húmedos como son todas las provincias del Norte, en las demas provincias muy poco, y nada cuando la última capa es de piedra caliza ó granito, y aun el cuarzo á pesar de ser tan vidrioso se presta muy bien á consolidarse sin recebo cuando es canto rodado, silicio ó pedernal se le debe echar una ligera capa de jabre ó arena gruesa, si este recebo pudiera hacerse de los detritus de las canteras de granito, ó de esta piedra triturada, se conseguiria un firme perfecto *sin lodo por mas que lloviese y sin polvo por mas seco que estuviese el tiempo*; asi pues, aconsejando á todos los directores de firmes que siempre que puedan echen el citado recebo con la seguridad de que el camino donde lo usen les manifestará sus bondades mejor que cuanto nosotros podríamos decir. Repetimos que á los firmes de piedra caliza, no se les debe echar recebo, cualquiera sea la provincia á donde se ejecute. Si hay proporcion se le pasará un cilindro ó rodillo compresor de los que usan los labradores para asentar las heras.

La operacion de cilindrar un firme no es indispensable ni el *rodillo de Mr. Polonceau es tan útil como se cree*, no obstante, diremos que dicho rodillo podrá emplearse con provecho en ciertos paises y en algunas clases de firmes, por ejemplo: en un pais húmedo, en un firme de no mucho espesor y que deseanse en suelo ó lecho flexible, y donde las pendientes ó rasantes sean suaves ó de poca inclinacion.

La práctica ha venido á demostrar que dicho rodillo á pesar de sus buenos efectos tiene inconvenientes que deshacen aquellos por que como dice un Sr. Ingeniero Gefe de distrito, hablando del rodillo compresor de Polonceau: (1) *el primer inconveniente que pre-*

senta dicho rodillo es que no puede usarse sobre la primera ni segunda capa del firme, porque las aristas de las piedras hieren de tal suerte las pezuñas de los animales, que estos no resisten al tiro, descomponen etc.; pues bien, en nuestro método se salva algun tanto el inconveniente de que las piedras hieran al ganado, pasando el cilindro despues de echar la capa de arcilla, y á pesar de ello no creemos sea la necesidad el cilindro y estamos perfectamente de acuerdo con dicho Sr. Ingeniero Gefe que lo es Don José María Perez y con arreglo á su dictámen y lo que nosotros hemos observado damos la siguiente descripcion.

DESCRIPCION Y APLICACION DEL CILINDRO

DE MR. POLONCEAU.

El rodillo compresor de Mr. Poloneau es una enorme máquina construido con perfeccion, pero tiene inconvenientes que destruyen sus buenos efectos. El objeto es el de que con su enorme peso pueda comprimir el firme (1) de un camino de tal manera que las ruedas de los carruajes no formen roderas, como para moverlo se necesitan tres ó cuatro yuntas de bueyes, es indispensable echar mucho recebo para que los animales no se lastimen los pies con las puntas de las piedras, y como dichos animales tienen que hacer tantos esfuerzos, descomponen las capas del firme, mezclando las piedras gruesas y menudas, formando una superficie áspera sobre la cual pasa el rodillo ejerciendo su presion sobre los puntos elevados, comprimiendo á estos, al paso que en los que estan mas bajos no ejerce presion alguna; los operarios cargan la mano de recebo, con el objeto de que el ganado pueda operar, como en efecto á fuerza de tierra lo consiguen resultando de la operacion que en apariencia queda bien, hasta que se dá al tránsito y al pa-

(1) Véase el primer tomo de la Revista de Obras públicas pág.ª 182.

(1) La piedra sola es incomprimible.

sar los carruajes, como la superficie que presentan las ruedas es muchisimo mas estrecha que la del rodillo, no ejercen su presion en solo los puntos elevados como aquel, sino que tocando en aquellos resbalan á los puntos bajos cuyos huecos son otras tantas roderas donde se paran las aguas y se forma el lodo y se destruye el firme antes de consolidare. Si no se echa mucho recebo es casi imposible el que los animales puedan resistir al tiro.

Algunos ingenieros franceses como Mr. Polonceau, Jirard y otros hablando de sus observaciones y esperfencias sobre los firmes, dicen: *las piedras blandas deberian ser preferibles a las cilíceas y duras para algunas capas de los firmes.* De lo que se puede inferir que cuando dichos ingenieros prefieren la piedra blanda á la dura, es con el objeto de que se forme en poco tiempo la trabazon ó consolidacion, pues bien, esto conseguimos nosotros en el mismo instante sin necesidad de emplear materiales flojos, porque nuestra arcilla no forma capa ni espesor en el firme, y por eso advertimos en su lugar *que solo se echará la tierra nada mas que para rellenar los huecos;* por manera que como se hace esta cama á la última capa de piedra menuda, esta se clava y se sostiene encima, formando un piso elástico, cómodo y de mucha mas duracion, porque como el pavimento queda tan igual, el rozamiento que sobre él egercen los carruajes no deterioran ni gastan lo superficie, como sucede cuando la calzada es aspera y tiene piedras que sobresalen.

Mr. Gandemberg aconseja rellenar los huecos con mortero; esto además de ser costose tiene el inconveniente de que con el roce de las ruedas se deteriora mucho la mezcla, es verdad que el mismo autor dice tambien que se ejecute lo que hace algunos años venimos efectuando nosotros, esto es, *una capa de tierra compuesta de arena y arcilla*, para rellenar los huecos, si bien no designa fijamente como se ha de colocar dicha tierra, asi como nosotros decimos que infaliblemente debe colocarse debajo de la última capa de menudo que se ha de poner en la parte superior del firme

De todo lo cual se infiere que nuestro método (respecto á la capa de arcilla) aunque es puramente práctico, está de acuerdo muy próximamente con el parecer de autores que figuran en el mundo científico.

CONSOLIDACION DEL FIRME.

Para consolidar un firme se necesita tiempo, si bien este depende de la estacion, de la clase depiedra y del método de construccion. En Galicia como pais húmedo no se echó recebo ninguno en algunos trozos de firme que se hicieron por administracion cuyos resultados no han podido ser mas satisfactorios. El método que tenemos propuesto es el que menos tiempo necesita para conseguir la solidez, tanto en los de nueva construccion como en los recargos y reparaciones, segun diremos en su lugar respecto á estas, y si alguno nos contradice le responderán los muchos trozos que tenemos construidos, uno de ellos aunque solo fué una reparacion económica, está en las inmediaciones del convento de Valverde y en el camino de Colmenar Viejo, en el que acabada de echar la última capa de piedra pasaban los carros sin hacer una pulgada de huella; la bondad de este firme á pesar de la economía con que se hizo, es tal que sin embargo de haber trascurrido algunos años desde que se hizo el recargo, y de no haber nadie cuidándolo se conserva en muy buen estado como se puede ver.

Cuando se construye un firme necesita una conservacion permanente; esta debe ser de un peon por cada cien metros lineales en los primeros ocho dias; en los segundos ocho dias necesita un peon por cada trescientos metros; en los terceros ocho dias un peon por cada ochocientos metros; y antes de los treinta dias estará consolidado. Los peones que cuidan del firme procurarán hacer pasar á los carros por distintas direcciones colocando estorbos en las huellas de las ruedas, y remudándolos todos los dias ó

cada dos; de este método que parece insignificante se saca mucho partido (1), pero es necesario que los citados peones sean diestros, que no desmayen y que sean constantes en el arreglo, porque es menester tener presente que los primeros carros que pasan dejan unas roderas de cuatro y seis pulgadas de profundidad, y es necesario que en seguida acuda el peon con la mano de hierro, azadon, rodo etc., á cubrir arreglando lo mejor que se pueda los bordes que las ruedas han formado, y echando si es menester un poco de piedra menuda; á la segunda vez que pasan carros ya no se introducen sus ruedas tanto como la primera, pero no por eso debe descuidarse el peon en hacer la misma operacion, y otro tanto debe practicar cada vez que pasen carros y dejen señales marcadas de sus ruedas, aunque no sean de mucha profundidad, hasta que se consiga que no se conozcan las huellas de las ruedas. Para que el peon que cuida de la conservacion del firme nuevamente construido tenga á mano la piedra menuda que necesita para echar en las roderas, hasta su perfecta consolidacion, es indispensable que haya distribuidos montones de dicha piedra menuda, que á propósito se habrán dejado al tiempo de la ejecucion. La piedra partida que se debe reservar para la consolidacion de un firme es tan peculiar de la obra como la que se ha echado en el mismo firme, asi es que en todas las condiciones y presupuestos deben figurar cierto número de cargos además de los que se calculen debiendo obligar á los contratistas que los construyen (sean de nueva construccion ó de recargo) que los depositen en montones á orillas de la calzada.

Tambien se debe exijir que esta piedra que se deposita para ayudar á la consolidacion del firme, esté muy bien picada, la mayor no debe pasar de tres centímetros de lado, esto se consigue mostrando á los partidores el calibrador (fig.ª 29) y cojiendo una piedra del monton donde esté partiendo y haciéndole ver que no

(1) El tiempo y método dicho es el mejor cilindro.

cabe. Algunos se han figurado que esta operacion tan sencilla, que es imposible llevarla á cabo, tal vez creerán que hay necesidad de pasar todas las piedras por el patron. Tambien hay quien propone un rastro de hierro dando por sentado que los espacios de los dientes del rastrillo han de hacer el efecto de una zaranda ó criba, sin hacerse cargo que la mano de hierro en lo que arrastra lo mismo se lleva la piedra gruesa que la menuda, por que la una sirve para sostener la otra, así es que con un rastro cuyos espacios entre diente y diente sean de cinco ó seis centímetros, arrastran hasta los detritus, y si el peon que lo maneja hace esfuerzo para apartar la gruesa de la menuda (que es lo que se dice en teoría) tiene que alzar la mano y remover á uno y otro lado, y cuando cree que va á conseguir lo que se ha propuesto, observa que en la que se queda atrás la hay mucho mas gruesa que alguna de la que lleva con el rastro. Queda demostrado que el rastro no sirve para apartar la piedra gruesa de la menuda; tampoco es cómodo para llenar las espuertas de piedra menuda, pues se deben henchir con un azadon, cuidando que el filo no tropiece en las piedras, lo que se consigue llevando la pala pegada al suelo, lo mismo se debe entender cuando se llenen las espuertas y carretillas con palas de hierro.

Sin embargo de los muchos métodos que para la construccion de firmes han indicado los hombres científicos que han hablado de ellos, entre los cuales se cuentan Mac-Adan, Telford, Tresaguet Polonceau y otros, se observa que si bien diferencian entre sí particularmente en los gruesos ó espesor, no obstante, están de acuerdo en lo general. El sistema de Mac-Adan con la modificacion que nosotros hemos introducido, es el mejor que hasta el dia se conoce; decimos que es el mejor respecto á la última capa, la que dicho autor determina que se parta á mano y fuera de la caja, con cuya proposicion estamos perfectamente de acuerdo, é igualmente con el poco recebo.

CONSERVACION DE LOS CAMINOS

EN GENERAL.

La conservacion permanente de los caminos no está muy bien atendida en España siendo así que este servicio es de tanto mérito, y que cuando se ejecuta con oportunidad produce muy buenos resultados.

Nadie ignora el mal estado en que por lo general se encuentran las carreteras de la Peninsula, sin embargo de que su conservacion no ofrece grandes dificultades, ni tampoco exige un servicio muy violento aunque si una constante vigilancia por parte de los peones camineros, y el que estos tengan siempre provision de piedra machacada, de forma que habiendo peones camineros y materiales, se puede conservar muchos años una carretera en muy buen estado, y si no se conservan es porque les faltan *los materiales*; poco importa que haya vigilantes permanentes, si por falta de piedra no se pueden corregir los deterioros que se originan. Estos deterioros que en su origen son muy fáciles de remediar, si se dejan llegan á superar con exceso los medios de destruccion á los de conservacion y á degradarse tan rapidamente que exijen obras mucho mas costosas; los peones camineros descuidan su obligacion y encuentran un medio espédito y comodo para no trabajar, dando parte y poniendo en el que deben dar: *el trozo de camino tal, está calificado de* URGENTE REPARACION.

CONSERVACION PERMANENTE.

Para que los caminos se conserven en buen estado, se hace indispensable practicar de continuo las operaciones que se designan: *conservacion permanente*, *reparaciones* y *recargos*. A la conservacion permanente están asignadas las operaciones de: *bachear descantar*, *desembrosar*, *recrecer*, *limpiar* y *remachacar*. Cuando

se construye un firme y se dá al tránsito, se hacen roderas mas ó menos profundas segun el método que se ha empleado para su construccion, segun la clase de piedra y segun la época. Los firmes construidos por el método que indicamos al hablar de aquellos, volvemos á repetir aquí en la conservacion que son los que menos se deterioran, debido sin duda á la elasticidad que motiva la arcilla que nosotros colocamos debajo de la última capa de piedra menuda, no obstante lo dicho, no se debe descuidar la conservacion allanando los bordes de las roderas y echando algunas espuertas de piedra muy bien partida. Se cree que la piedra muy picada es de menos duracion, nosotros aconsejamos que se eche si puede ser del tamaño de abellanas con la seguridad de que la práctica demostrará los buenos resultados.

El tránsito de los carruages sobre un firme nuevo, hace salir las piedras á los costados de la huella de las ruedas y produce las roderas; despues de consolidado un firme ya no se hacen roderas, pero se vá gastando con mas ó menos desigualdad formándose hoyos que se llaman *baches*, no nos detendremos en averiguar las causas que los producen, lo cierto es que un firme construido en igualdad de circunstancias se deteriora mas en unos puntos que en otros y contanto extremo, que si no se acude con tiempo á recargar esos hoyos, se pone intransitable, hay que acudir cuanto antes á reparar el daño, y los peones camineros deben tener mucho cuidado en taparlos al momento, porque de lo contrario se aumentan con rapidez.

El peon caminero que sabe su obligacion evita muchos gastos, teniendo cuidado de remediar hoy con una espuerta de piedra el deterioro que descuidado algunos dias no podria repararle con algunas docenas de carros de aquel material, y por este motivo conviene mucho que en las carreteras haya siempre material acopiado en las márgenes ú orillas del camino, y que los peones camineros que emplean estos materiales sean instruidos y prácticos para hacer estas reparaciones.

BACHEO.

Cuando tengan que rellenar un *bache* lo picarán por el borde, sin cuidarse de que la figura sea regular, sino tal como la presente el bache y abrirán una caja para que la piedra trabe con mas facilidad, el borde de dicha caja bastará que sea de 4 á 6 centímetros de profundidad, sin necesidad de rebajarlo por el centro, porque yá se supone que cuando se vá á recargar, es porque está bajo, por lo que es escusado el rebaje; lo único que puede hacerse y que es conveniente se haga, es dar unas cuantas picadas, y si hay alguna piedra grande y redonda estraerla ó quebrantarla con la almadena. Arreglada la caja del bache, se le echará una tanda de piedra machacada del tamaño de 3 á 4 centímetros, unas dos pulgadas cada piedra próximamente, cuya tanda podrá tener el grueso que se calcule necesario segun la profundidad del *bache*, y respecto al espesor del firme que existe, teniendo en cuenta que echada esta primera tanda de piedra en seguida se le debe echar *una lijera capa de tierra*, y con un pison tosco se arreglará un poco, despues se colocará encima otra capa de piedra muy menuda y sin necesidad de echar recebo estará concluida la operacion. Este método de bachear es el que se usa en las carreteras, con la diferencia de que los camineros no han llegado á comprender todavía lo útil y provechoso que es el echar la tierra entre las dos capas de piedra y lo que hacen regularmente es echarla encima de todo, que es lo que llaman *recebar*. En los recargos demostraremos lo dañoso de este método antiguo.

DESCANTAR.

Descantar una carretera es, que cuando el tiempo está muy seco y la piedra que se ha empleado en el firme no es homogénea y entre las diferentes clases se ha echado canto rodado, siliceo etc.

que por calidad de duro, y por su poca angulosidad, no hace trabazon con las demás piedras, se desprende del firme y hacen bastante daño andando flotantes por encima de la superficie y con el choque de las huellas de las caballerías y de las ruedas son causa de que se desprendan otras. Por estas razones hay necesidad de proceder á recojerlas y hacer montones de ellas depositándolas á orillas de las cunetas ó entre los paseos y el firme y partirlas á mano para volverlas á colocar donde se necesiten.

DESEMBROZAR.

El desembroce no es otra cosa que quitar las yerbas y demás vejetales que obstruyen las cunetas, limpiar los paseos, las entradas y salidas de las aguas en las alcantarillas, sifones y caños ó atargéas; limpiar tambien de yerbas las obras de los puentes y pontones. En los paises del Norte hay que practicar esta operacion mas á menudo que en los del Mediodia, debido sin duda á que en el verano se agosta la yerba en estos últimos.

RECRECER.

En los terraplenes se suelen disminuir ó bajar los paseos y desprenderse algo de los taludes, haciéndose cortaduras con las lluvias etc., por lo mismo, el caminero debe tener cuidado de *recrecer* los paseos y taludes recargándolos de tierra que apisonará, teniendo cuidado de arreglar muy bien la superficie para que no queden gauchos. Esta operacion de arreglar la superficie, suelen mirada con indiferencia la mayor parte de los peones camineros, y cuando se les exijen estas proligidades, se figuran que solo tienen por objeto el incomodarles; segun ellos, no merece la pena el esmerarse tanto en una cosa que tan poco importa, sin hacerse cargo de que cuando recargan un paseo con tierra tirada á granel de la que extraen de las cunetas ó bien de la que portean de

otros puntos, y cuando dicha tierra se estiende sin arreglar muy bien la superficie, despues que llueve se paran las aguas en la infinidad de hoyos y concavidades que dejan y con esta humedad se reblandecen los paseos y se forman lodazales; por el contrario, cuando arreglan bien la superficie despues de echar la tierra con conocimiento y á *niveleta corrida*, caen las lluvias y como las aguas no encuentran hoyos ni prominencias que las detenga, se corren sin embarazo á las cunetas unas, y las otras se filtran con tanta igualdad que no solamente no se forma lodo, sino que hasta le sirve de beneficio, porque apenas deja de llover se orea y se seca á las pocas horas.

Hablamos con referencia á los sitios donde no deben transitar carruajes ni caballerías.

LIMPIAR

Otra de las operaciones que tienen lugar en la conservacion permanente, es la de limpiar la carretera del lodo en tiempo de lluvias y del polvo en tiempo seco que uno y otro se producen por el mucho recebo que se suele echar al tiempo de construir el firme ya de nuevo ó ya de reparacion y recargo. Nosotros nos oponemos al recebo por dichas razones, en razon á que la esperiencia nos ha demostrado que aun cuando no se cubra el firme, la naturaleza se encarga de hacerlo; las causas de este fenómeno, tal vez podriamos esplicarlas, mas consideramos no hay para que gastar tiempo en lo que no nos importa para obtener buenos resultados; estos se consiguen echando la última capa de piedra muy bien machacada y que descanse sobre un lecho elástico, lo que se verifica con nuestra lijera capa de *arcilla* y sin echar ningun recebo. El polvo y el lodo, uno y otro son molestos y además perjudican al firme; el lodo conserva la humedad que es causa de deterioro, y el polvo es la causa de que el firme se gaste con desigualdad; por cuya razon los camineros deben tener mucho cuidado de limpiar las carreteras del lodo y del polvo.

REMACHACAR.

El remachaqueo tiene lugar en las carreteras cuyo firme es antiguo y se ha construido con escasos conocimientos y con piedras grandes y redondas que sobresalen, á las que se les dá el nombre vulgar de *calaveras*; estas hay que quebrantarlas con una almadena mayor que la que se usa para el machaqueo, y las que están muy salientes se pueden sacar y rellenar el hueco que dejen con piedra picada á mano.

RECARGOS.

El sistema de recargar con piedra en una carretera, casi es periódico; al cabo de algunos años se gasta el firme y hay que reponerle; esta operacion se practica con cuadrillas de peones auxiliares casi por los mismos métodos que para los firmes de nueva construccion, por esta razon parece que deberiamos escusar la molestia de volver á repetir lo mismo que ya tenemos manifestado no obstante, debemos decir algo acerca del método de echar las capas y hacer presente los malos resultados que se notan cuando se ejecutan estos recargos con poco método. Hemos visto caminos recargados en que era necesario aumentar cuatro ó cinco yuntas de bueyes al tiro de las diligencias para poder sacar el carruaje del trozo de firme que se habia recargado; la molestia que esto causa á los pasajeros, la incomodidad de los mayorales de los carruajes, y otros males que provienen deben evitarse completamente ó á lo menos de un modo que la molestia sea insignificante, y que el tránsito se haga sin grandes inconvenientes aun cuando se transite por un camino acabado de recargar, lo que se conseguirá por el siguiente.

MÉTODO.

Cuando haya que recargar un trozo de carretera, la primera

operacion que se debe hacer es, marcar el ancho del firme y abrir en los lados laterales unos bordes de 7 á 8 centímetros (3 á 4 pulgadas) de profundidad, esta irá disminuyendo hasta que quede en cero hácia el centro de la carretera, sin cuidarse de distancia; despues se picará groseramente todo el ancho que se ha de recargar y además se estraerán todas las piedras gruesas y las que por su figura redonda no sean á propósito para la trabazon del firme, sin necesidad de arreglar el fondo, pues mientras mas desigual quede, será mucho mas á propósito. En este estado se le echará una capa de piedra partida y reducida al tamaño de unos 4 centímetros ó de dos pulgadas cúbicas; el grueso de esta tongada podrá ser segun lo exija el local donde tenga lugar el recargo; se recebará lijeramente y se le echará una lijera *capa de tierra* de la mas migosa que se encuentre en las inmediaciones; siempre que se pueda se regará para echarle la tierra é igualmente despues de ponerle la última capa de piedra. Entiéndase esto para todos los firmes de nueva construccion, bacheo y recargo; se volverá á revocar lijeramente con pisones toscos y se colocará otra capa de piedra cuyas dimensiones no deben pasar de una pulgada cúbica (2 centímetros proximamente). Si hay proporcion se le pasará un cilindro quo no sea de los grandes; ya dijimos en otro lugar los inconvenientes del cilindro de Polonceau para los firmes de nueva construccion, circunstancia que reproducimos para los recargos y reparaciones. Al hablar de los firmes de nueva construccion demostramos los inconvenientes del rodillo compresor respecto á que sin mucho recebo no pueden operar bien los animales que lo arrastran y ahora decimos que aun cuando no hubiera este inconveniente no se debe usar para los recargos, porque si se pasase el mencionado cilindro por una capa de piedra que se hubiese echado para un recargo, cuyo fondo sobre que descansa está empedrado con la parte de firme antiguo, porque nunca se levanta del todo para poner los recargos, sucede que este suelo sirve de yunque para que con el enorme peso del cilindro se convierta en

detritus la mencionada capa de piedra, y ya tenemos destruido el el firme, (1) si el tiempo es seco, el cilindro no asienta el firme, si el recebo es arena, tampoco hace nada el rodillo; pues todo el mundo sabe que la arena es encomprimible, si se echa recebo algo migoso y está demasiado húmedo, se hace mala obra á causa de que se pega la tierra al cilindro y ocasiona desigualdades; en cuyo caso tampoco ejerce la presion por igual. El mejor rodillo que se conoce para comprimir un firme, es *el tiempo y la constancia*.

A pesar de todo lo que llevamos manifestado respecto á los inconvenientes que presenta el rodillo compresor, debemos decir, no es nuestro intento prohibir de una manera absoluta el uso del cilindro; este en ciertos casos segun se dijo en la pág.ª 152 es oportuno para comprimir el firme, decimos mal, para asentarlo que la piedra tambien es incomprimible, pero es bastante suficiente un rodillo de los que usan los labradores para sentar las heras; este rodillo se puede pasar sobre la última capa de piedra menuda, y para practicar dicha operacion no hay inconveniente en que el rodillo no sea muy pesado, sobre todo siempre que dicha última capa sea de piedra muy menuda; con estos requisitos y el de que la tanda de piedra descanse en la *arcilla* que ya saben nuestros lectores, se conseguirá un firme bueno y flexible y sobre todo no presentará los grandísimos inconvenientes que estamos viendo en los recargos que se hacen en algunas carreteras donde vemos las diligencias atollarse, á los viajeros incomodados y á los mayorales proferir espresiones de imprecacion. Finalmente concluiremos diciendo, que hemos hecho recargos por los métodos espuestos, y sin cilindrar se han dado al tránsito de carruajes al siguiente dia y las ruedas no se han introducido ni una sola pulgada, ni se han formado rebordes, ni roderas, ni lodo en tiempo húmedo, ni polvo en tiempo seco.

(1) En el recargo que se echó hace un año en la carretera de Francia, se suspendió el rodillo por esta circustancia y las que tenemos demostrado.

Nuestros lectores habrán notado qne en la aplicacion de algunos ordenamientos y métodos, tanto para la nueva construccion, como para la conservacion y reparacion de los caminos, hemos sido demasiado difusos y si se quiere enfadosos, mientras que en algunos otros mas elevados y sublimes no hemos conferido ni apenas hablado. La prolijidad y pesadez la hemos tenido en aquello que conocemos es necesario y de mucha importancia, aunque parezca insignificante, para obtener buenos resultados, que es el fin que nos hemos propuesto. Asímismo, hemos pasado por alto toda la frascología y pomposas teorias, cuyo lenguaje magestuoso y sublime adorna el escrito aunque muchas veces al llegar á la práctica carecen de importancia.

En este libro no hemos hecho mencion de algunas obras accesorias, á los caminos como son: *Badenes, Guardarruedas, Leguarias, Barreras de Portazgos y casas de los mismos y las de los Peones Camineros*, porque consideramos que unas no son necesarias y otras no son del objeto de este tratado; decimos que algunas no son necesarias por que los badenes se deben prohibir por molestos á la circulacion; los guardarruedas se deben sustituir con pretiles, esto es, en los pasos de avenidas de los puentes y en los peligrosos en que haya muros elevados; y en los terraplenes con malecones de tierra que son mucho mas baratos; las leguarias como obra de lujo solo tienen lugar en las principales líneas de carreteras; los portazgos y casas sabemos como se construyen, pero lo traslamos á los arquitectos.

FIRMES QUE PUEDEN SUSTITUIR A LOS EMPEDRADOS DE POBLACIONES.

En las poblaciones donde hay tránsito de carruajes, puede emplearse el firme colocando cadenas de piedra dura al través de las calles, y en la misma direccion, formando un encajonado á manera del que se representa en la fig.ª 28, las piedras que se empleen para las cadenas deben ser porfidos ó pedernales. Estos ca-

jones que se forman con las cadenas de piedra deberán ser de uno ó dos metros de lado; cuando la calle no sea muy ancha no se necesita hileras de piedra en la direccion y solo se pondrán al través. La profundidad de estos encajonados, podrá ser en el centro de 3 á 4 decimetros, en cuyo fondo se echará arena gruesa, y se riega con agua de cal (vulgarmente *lechada de cal*) muy clara, y al oreo se le echa una capa de piedra partida del grueso de 4 á 5 centímetros, cuya tongada tendrá de espesor de 0,m 2 á 0, 3 se vuelve á regar con lechada de cal y así que se seque se le echa una capa de arcilla, se apisona un poco, y se le pone el complemento hasta la parte superior, de piedra partida y de tamaño de dos á tres centímetros, y ya está concluida la operacion; no se debe echar recebo ninguno á no ser que sea un poco de granito triturado; tampoco se le debe echar cal porque seria inútil al paso de los carruajes, y si se le pone abajo es para que forme una base sólida á la que no alcanza el detrimento que causan las ruedas porque lo contiene la elasticidad de la arcilla.

PASEOS PUBLICOS DE LAS POBLACIONES.

En los paseos de las poblaciones se observa que cuando llueve se llenan de lodo, particularmente cuando la lluvia es menuda, esto acontece á nuestro modo de ver porque dichos paseos no están arreglados á *niveleta corrida*. A casi todas las plazuelas de Madrid le sucede lo que acabamos de indicar, asi es que cuando el tiempo se mete en lluvia menuda y esta viene despues de haber caido unas cuantas heladas, se ponen las plazuelas que no se puede entrar en ellas como igualmente á los paseos laterales de las calles de Alcalá, Atocha y otras. Si dichos paseos despues de arreglados á *niveleta corrida* se les echara una ligera capa de granito triturado, de dos centímetros de espesor no se veria lodo ni polvo; siempre que se eche con conocimiento; y es cosa estraña de que en Madrid no se haya adoptado, es verdad que si no se sabe colocar no se saca mucho partido.

Ya que hablamos de paseos de Madrid y de granito nos atrevemos á decir que para ciertos parajes de la corte como el Salon del Prado, la Plaza Mayor y algunas de las calles por donde no transitan carruajes, se podia adoptar un método bastante económico y muy útil. Supongamos la Plaza Mayor ó igualmente el Salon del Prado, que hemos observado que periódicamente se recarga con piedra picada, con arena, tierra y mucho rodillo compresor, y que no se consigue el objeto de que no forme polvo en tiempo seco ni lodo en tiempo húmedo, siendo asi que se podia arreglar de una sola vez para siempre de la manera siguiente: Concretémonos á la Plaza Mayor, en la que se debe arreglar su superficie á *niveleta corrida* formando un plano perfecto é inclinado (segun el que tiene) desde el centro á la circunferencia, y despues de bien arregladas sus pendientes abrir una pequeña caja de 5 centímetros, rellenar esta caja de piedra picada y del tamaño de 2 centímetros, y en seguida bañar esta tanda de piedra con cal desleida, y en el mismo instante y antes de que se oree la cal echarle una capa de granito triturado y pasado por zaranda. Como el granito se compone en su mayor parte de pequeñas partículas de cuarzo se hace homogéneo formando un solo cuerpo con la cal y la piedra picada, con la circunstancia de que mientras mas tiempo pasa mas se consolida, llegando á formar un solo cuerpo, y además tiene la ventaja que para el piso es mas cómodo que las osas porque estas cuando hay mucho tránsito, como son duras y lisas sirven de yunque á los pies para moler el polvillo que se desprende, de lo que resulta el lodo, como lo estamos viendo en las aceras de esta córte; el granito triturado aunque en general forma una superficie lisa, conserva un inmenso conjunto de poros imperceptibles que hacen el efecto de filtro, y esta es la causa porque en los paseos bien arreglados y recargados con los detritus no se forma lodo en tiempo de lluvias, ni tampoco polvo en tiempo seco á causa de que las partículas de cuarzo se aplastan por su mucho peso y nunca se convierten en polvo.

ARBOLADO.

El arbolado en las carreteras si se quiere es mas bien un objeto de lujo y de adorno que de necesidad, no obstante teniendo en cuenta de que los árboles desempeñan en la armonía general de la naturaleza un puesto muy importante y considerando que es el mas bello adorno de la naturaleza de la tierra, debemos decir que siempre que se pueda se planten árboles; todo el mundo sabe que los paises donde no existe arbolado presentan un aspecto árido aunque haya otras producciones. En la atmósfera existe una gran parte de áccido carbónico que podria perjudicar á la salud, si los vejetales no lo disipasen como parte de sus principios orgánicos, los árboles por su mayor porte necesitan mayores cantidades de dicho áccido carbónico para su desarrollo y donde existen se respira una atmósfera mas pura.

Las descomposiciones corrompidas que fermentan con el calor y la humedad, forman gases que corrompen el aire, y los árboles los neutralizan absorviéndolos á su sustancia.

Los árboles impiden la influencia escesiva del sol, y atraen, la frecuencia de las lluvias; hacen benignos los climas que sin ellos son en estremo fríos y calurosos.

Tales son los efectos de los árboles respecto á las influencias higiénicas que pueden egercer.

No son menos interesantes sus aplicaciones para combustibles y maderas. En los paises donde no hay carbon mineral, los árboles alimentan nuestros hogares, como leña y como carbon, sostienen las fábricas y fundiciones. Como madera, forman una gran parte de los edificios que habitamos; los muebles y carruages, desde el mas insignificante y humilde labrador, hasta el mas alto potentado, las embarcaciones etc., y finalmente, los árboles son de una utilidad que todo el mundo conoce, y hasta las hojas sirven para pasto de ganados, como sucede en Andalucia que manadas

de ovejas se mantienen con la hoja del Olivo en los rigorosos meses del invierno en las podas ó talas que se verifican en dicha época.

Por último, los árboles, son de mucha utilidad y si se quiere indispensables; por cuyas razones el Gobierno tiene mandado que se hagan plantaciones en todas las provincias que tienen terrenos á propósito y ademas en las márgenes de las carreteras.

Los árboles, se multiplican por la siembra ó diseminacion, por el ingerto, por el acodo, por la trasplantacion y por la estaca; estos dos últimos métodos, son los que tienen aplicacion para los caminos; en estos se pueden plantar árboles en la linea esterior de sus cunetas segun se notan en la fig. 27', y en la que forma el firme con los paseos fig. 31, siempre que aquel (el firme) tenga á lo menos 24 pies de ancho, con tal que dichos árboles se pongan de 30 en 30 pies á lo menos de distancia unos de otros.

En las inmediaciones de las ciudades y de los pueblos de alguna consideracion que atraviesan las carreteras se pueden plantar los árboles en las líneas que forman los paseos con el firme fig. 31. Esto podrá tener lugar en una y en otra avenida de la poblacion hasta la distancia de media legua por cada lado, en los demás parages, esto es, retirado de las poblaciones, se deben plantar en la línea esterior de las cunetas, en todos aquellos puntos donde el camino vaya en desmonte y en coincidencia con los terrenos adyacentes; en los parages donde vá en terraplen, se plantarán entre el paseo y el firme (fig. 31) ó se procurará que haya un espacio á lo menos de tres pies entre la línea de árboles y la arista esterior del terraplen.

PLANTACION.

Todo árbol en general, esceptuando los resinosos, se deben plantar podados, y los que pertenecen á la familia del álamo, ya se pongan de raiz como el *negrillo*, ó yá se planten de estaca, como el *olmo*, exigen mas que otros el que sean podados para su plantacion, y en cuanto al olmo, como se planta de estaca, es in-

dispensable la poda para que no tenga con que resistir á los vientos hasta que esté bien arraigado. Cuando se plantan con ramas, tienen muchos inconvenientes, en primer lugar, la fuerza de viento les hace dar vaivenes con cuyo movimiento encontrado de uno y otro lado se desprenden las yemas ó botones de la tierra, y forma un hueco lustroso al rededor de la estaca por donde les entra la corrupcion y se secan, como sucede en muchos puntos donde estamos viendo reponer todos los años el arbolado, los cuales podríamos señalar, mas nuestra voluntad no es el inpugnar la suficiencia de otros. Sitios hay en que se estan plantando todos los años miles de árboles para reponer los que se entresacan por haberse secado.

Además de lo dicho, vamos á demostrar lo errónea que es la idea que se forma un horticultor al plantar un árbol con sus ramas, y vamos á hacer ver que es exactamente lo contrario de lo que se propone, para convencerse de ello, plántense dos ó mas olmos en igualdad de circunstancias los unos podados y los otros con las ramas, reconózcanse del 25 al 31 de Agosto y se observará que los que se plantaron podados han echado unos retoños frondosos, con sus hojas de color verde obscuro y de tres á cuatro pulgadas de diámetro, mientras que los que se pusieron con los vástagos (si es que no se han secado) no han hecho mas que abrir los botoncitos antiguos sin haber echado retoños y que las hojas son amarillas, raquíticas y miserables; y esto se puede observar prácticamente en sitios no lejanos de la corte. Hablamos de este modo, porque lo hemos esperimentado y quisiéramos que se convenciesen prácticamente los que creen que llevan algo adelantado con plantar los árboles con sus ramas particularmente los álamos.

Para poner los árboles se deben abrir los hoyos unos cuantos dias antes, la plantacion debe verificarse en la luna creciente de Diciembre ó de Enero.

Puesta la estaca ó el árbol en el hoyo se le deben echar tan-

das de tierra mezcladas con mantillo, apisonándose bien hasta cubrir un pie, próximamente la estaca y despues se debe acabar de llenar el hoyo apisonando ligeramente. El objeto de apretar bien la primera tanda de tierra, es para que el árbol no tenga ningun movimiento con los temporales, porque segun nuestras observaciones la mayor parte de los árboles que se pierden antes de echar raices, es por el movimiento de los vientos, por esta razon, aun cuando un árbol se plante de raiz, se debe procurar asegurarlo muy bien sin miedo de lastimar las raices, y decimos sin miedo, porque hemos observado que algunos selvicultores al tiempo de plantar un árbol, le echan la tierra á granel y sin apisonarla, temiendo sin duda dañar las raices.

En los desmontes de mas de dos metros, no se deben plantar árboles, ni tampoco en los parages muy húmedos, primero: porque los árboles no se nutren bien cuando están á la sombra; y segundo: porque serian perjudiciciales al firme. Por esta razon, algunos autores ingleses han calculado en un 50 por 100 el daño que causan los árboles en las calzadas, pero si en ello podrán tener razon tratándose de Inglaterra, estamos convencidos que tal doctrina no es aplicable á España.

ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

De las muchas nivelaciones que hemos practicado, podriamos formar un cuaderno bastante voluminoso, pero como estos datos no son mas que de curiosidad, solo daremos algunos de los puntos mas notables; para no tener que anotar, *este punto está mas bajo ó mas alto que la base,* hemos preferido el referir todas las alturas al nivel del mar; como las aguas suben y bajan todos los dias de tres á quince pies, seria ridículo el poner fracciones de pie, mas teniendo en cuenta que para hallar la diferencia de nivel entre dos puntos con toda la exactitud con que se hizo la nivelacion, nada influye el error que pueda tener en sí la base, pondremos los desniveles tal como resulten, por ejemplo: el centro de la Plaza Mayor de Madrid está (1) 2.430 pies sobre el nivel del mar, la marca 31 de la primera nivelacion que se hizo al rio Lozoya está 183 pies y 16 céntimas sobre el pavimento de la Plaza Mayor, resulta que dicha marca 31.ª estará 2.613 pies y 16 céntimos de pie sobre el nivel del mar. El parador de Buenavista está 281,54 sobre la Plaza Mayor que sumados con los 2.430, componen 2711,54; y deduciendo la cuota menor de la mayor, esto es, 2711,54—2613,16=98,38; resulta, que el parador de Buenavista está 98 pies y 38 céntimos mas alto que la marca 31 en el ponton de la Oliva. Ahora vamos á hallar la diferencia de nivel entre dichos dos puntos por la nivelacion ordinaria que tuvimos el honor de practicar en los primeros dias de agosto de 1848 (2) desde la puerta de Santa Bárbara al Ponton de la Oliva, en dicha nivelacion se observa que el parador de Buenavista tiene la cuota 205,72 pies sobre la Puerta de Santa Bárbara; y la marca 31.ª tiene 107,34 tambien sobre la misma Puerta; deducidos estos de aquellos resultan los mismos 98,38 que es exactamente el mismo resultado que nos dió con los otros números, es decir, que aunque hemos mezclado lo erróneo (3) con lo exacto, al practicar la deduccion desaparece aquel. Queda demostrado que la base en el caso que nos ocupa, no influye nada para hallar con exactitud la diferencia de nivel entre dos

(1) Segun observaciones barométricas.

(2) Véase la memoria de los Sres. Rafo y Ribera sobre conducion de aguas á Madrid pág. 82 á 84.

(3) Suponiendo que la altura barométrica de la plaza no sea exacta.

puntos dados; y aun cuando se noten fracciones de pie en los desniveles referidos al nivel del mar, no parecerá ridículo á quien antes se haya hecho cargo de lo que acabamos de esponer. Por estas razones daremos todos los desniveles sobre el nivel del mar tal como están.

TABLA DE ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

PORVINCIA DE MADRID.

		Pies castellanos.
Barométricas	Plaza Mayor de Madrid (barométrica). . .	2.430,00
	Zócalo inferior del puente de Toledo en Madrid (por nivelacion topográfica). . . .	2.144,06
	Puerta de Santa Bárbara (Madrid). . . .	2.505,82
	Puerta de Atocha (Madrid).	2.329,83
	Puerta del Sol (centro de Madrid). . . .	2.414,94
	Observatorio astronómico de Madrid (pieza circular donde están los instrumentos meteorológicos)	2.482,92
	Montaña del Príncipe Pio (entrada al palomar)	2.402,34
	Parador de Buena vista.	2.710,54
	Alcovendas (1.ª casa.).	2.493,35
	Ponton de la Oliva (marca 31 de la nivelacion general.).	2.613,16
	Vicálvaro (puerta del cuartel.).	2.558,81
	Puente Viveros.	2.118,00
	Torrejon de Ardóz (hermita.).	2.191,07
	Prado de Navarejos, una legua del Ponton de la Oliva que es donde llega el final del embalse de la presa del Canal de Isabel II (rio Lozoya.).	2.693,16
	Aguas del rio Lozoya (Buytrago.). . . .	3.273, »
	Orígen del rio Lozoya en Peñalara (laguna .)	7.220, »
	Cerro de Peñalara.	8.588, »
	Puerto de Guadarrama.	5.379, »
	Cerro de San Pedro.	5.166, »
	Aranjuez.	1.787, »
	ALBACETE.	
	Almansa.	2.376, »
	NIVELACION TOPOGRAFICA.	
	Vado blanco (lagunas de Ruidera.). . . .	2.984,34
	Laguna de San Pedro. . idem. . . .	2.880,15

CIUDAD REAL.

	Fábrica de pólvora de Ruidera (puerta de la casa.)	2.730,65
	Argamasilla de Alava	2.314,43
	Fin del Canal del Gran Prior de San Juan, donde dicen que se oculta el rio Guadiana.	2.165, »
	Puente de Villalta de San Juan (Barométrica.)	2.130, »
	Nacimiento del rio Guadiana grande	2.124,67
	Martinete de Cobre de Ibarrola y compañía.	2.028,65
	Plaza de Ciudad-Real	2.156,42
	Alameda de la marquesa de Treviño	2.074,75
	Molino de Alarcos (Guadiana	2.024,04
	Confluencia del rio Jabalon y Guadiana	1.921,06
	Herreria de D. Francisco Crespo	1.886,06
	Tabla de agua del Guadiana frente á la sierra de la Sierpe	1.649,94
Barométrica	Villarrobledo	2.573
Barométrica	Almagro	2.148
Barométrica	Daimiel	1.893
Barométrica	Valdepeñas	2.324

BADAJOZ.

Rio Estena con el Guadiana	1.261,10
Tabla de Misá término de Castil-blanco	1.150, »
Rio de Peloche (confluencia.)	1.144, »
Tabla de agua en Puerto Peña	1.100, »
Villanueba de la Serena	864,04
Molino Aceña frente á D. Benito	829, »
Medellin (Puente.)	830, »
Isla Gorda término de Villa Gonzalo	802, »
Puente de Mérida	771, »
Rio Burdalo (confluencia con el Guadiana.)	740,30
Rio Aljucen. . . id. id.	665,56

ANDALUCIA.

Córdoba.	Confluencia de Valdeasogues y Guadiana	1.620, »
Córdoba.	Altos de la Carlota	810 »
Córdoba.	Arroyo del Salado	514 »
Córdoba.	Rio Genil cerca de Monturque	543 »
Córdoba.	Palma del Rio	234 »
	Estacion del ferro-carril de Jerez (Cádiz.)	532 »

Málaga.	Monte de Gibralfaro (entrada al castillo.)	605 »
	Puerta de la Coracha.	405 »
	Pico del Torreon.	644 »
	Antequera (Cruz blanca.).	1.891, »
	La Verónica.	1.641, »
	Mollina.	1.702, »
	Arroyo Joyeros con el rio Guadaljorce.	1.270, »
Granada.	Pico de Mulhacen	12.762, »
	Nacimiento del rio Darro.	4.046, »
	Venta de los Alazores.	3.096, »
	Granada (parte media.).	2.700,
	Loja.	1.800,
	Guadix.	2.700,
	Rio de Almeria en Fiñana (Almeria.).	2.620,
	Velez el Rubio. . . id.	2.412,
	Origen del rio Guadalquivir (Jaen.).	1.800,
	Jaen.	1.656,
Oviedo.	Oviedo.	702
	Ultima casa de Villaviciosa.	23
	Rio Nalon lugar de Soto.	440
	Puente de Huetes.	49
	Puerto de las cruces divisoria entre Noreña y Villaviciosa.	1.388,
	Sama de Langreo.	734
	Tunel de Conixho.	774
Palencia.	Alar del Rey.	3.014,
	Ruinas de Villa-Rodrigo.	3.064,
	Quintanilla (lugar) fin del trozo 10.º del ferro-carril.	3.276,
	Monte Celdá, (congosto).	3.212,
	Rio Pisuerga (encañada valoria.).	3.097,
	Aguilar del Campó.	3.181,
	Ponton del arquillo. (Sopeña.).	3.121,
Santander.	Pozza Zal (paso de la carretera.).	3.506,
	Reinosa esquina de la huerta de la casa de la Niña del Loro.	3.031,
	Rio Ebro en Fontible (nacimiento.).	3.104,
	Rio Ebro junto á Reinosa, paso del ferro-carril de Alar á Santander.	3.001,
	Collado de Aldueso.	3.010,
	Rio Besalla ferreria de D. Fráncisco Villalaz.	1.909,
	Barranco de la Revoltona.	1,234,
	Venta de Media Hoz.	540
	Rio Ebro (en Logroño.).	1.274,
	Miranda de Ebro agua del rio (Burgos.).	1.555,
	Aguas del Duero en Aranda. . id.	2.826,
	Confluencia de los rios Esla y Orbigo (Leon.)	2.304,
	Benavente (Valladolid.).	2.430,

Valladolid.	2.644,
Zamora.	2.170,

GALICIA.

Coruña.	Monte Salgueiro.	1.904,
	Baamonde.	1.440,
	Carral.	259
	Divisoria entre Santiago y la Coruña.	900
Lugo.	Lugo.	1.660,
	Sobrado de los Monjes.	1.900,
	Lugar de Arrojo una legua de Mondoñedo.	855
	Mondoñedo.	320
	Lugar del Pico junto al Cerezal.	3.654,
	Monforte Plaza.	1.111,
	Pueblo y monasterio de Samos (Atrio de la Iglesia.).	1.895,
	Triacastela al pie de la sierra de Oribio.	2.545,
	Alto de la Infesta sobre Mondoñedo.	2.554,
	Peña del Pico (cumbre.).	4.291,
	Cabañas antiguas (monte de).	4.284,
	Pico de Peñarrubia en la sierra de Ancares.	6.670,
	Montefurado sobre el rio Sil.	997
	Pueblo de Lameda sobre el rio Quiroga.	1.047,
Orense.	Orense, (catedral.).	394
	Puente mayor de Orense.	505
	Alameda de Orense.	524
	Alto de la cuesta del Rodicio.	3.394,
	Esgos	1.987,
	Monasterio y pueblo de Melon.	1.612,
	Cañiza, divisoria.	2.880,
	Capilla del portal en Rivadavia.	355
	Ponton de Barbantes.	256
	Untes, casa llamada de la Orden.	415
	Taboadela.	1.039,
	Puente de San San Isidro de Allariz.	1.241,
	Ginzo de Limia.	1.891,
	Abavides.	2.014,
	Verin.	1.055,
	Monterrei (almacen de municiones.).	1.555,
	Cabeza de Meda.	4.631,
	Monasterio de Montederamo.	5.254,
	La Gudiña.	2.924,
	El Cañizo.	3.265,
	Villa vieja posada de la Plaza.	5.899,

Pontevedra.	Nuestra Señora de la Peneda.	1.188,
	Alto de Pujeiros (Vigo.)	939
	Porriño.	60
	Monte de Fuente Fria.	2.724,
	Cañada de las Abeleiras.	2.017,
Toledo.	Rio Tajo en Talavera de la Reina.	1.221,
	Idem en el puente del Arzobispo.	1.090,
	Confluencia del Tajo, con el rio Almonte.	522
	Rio Duero (en Soria.)	4.017,
	Cuenca.	5.279,
	Rio Ebro (en Zaragoza).	698
	Lorca (en Murcia).	1.566,

ALTURAS MAS NOTABLES QUE SE CONOCEN.

Europa.	Monte Blanco.	(Alpes.).	17.139,
	Etna.	(Sicilia.).	11.511,
	Canigon	(Pirineos.)	9.981,
	Olimpo.	(Grecia.)	7.157,
	Vesubio	(Nápoles.)	4.302,
	Paso del Gran San Bernardo.	(Alpes.).	8.825,
	Puerto de Pineda.	(Pirineos.)	9.030,
	Puerto Cavarero.	(Pirineos.)	9.186,
Africa.	Pico de Tenerife.	(Africa.).	13.317,
	Hacho de Ceuta.	(Avila.)	687
América.	Chimborazo.	(Perú.)	23.436,
	Propocatepoc	(Méjico, Volcan.)	19.383,
	Pico de Orizaba.	(Méjico.)	19.005,
Asia.	Picos de Himalaya.	(Thibet.).	28.071,
	Monte Libano.		10.431,
	Elburit	(Cáucaso.)	6.524

POBLACIONES NOTABLES.

Quito.	(Perú)	10.457,
Méjico.		8.172,
Moscow.		1.077,
Roma.	(capitolio.)	168
Berlin.		123
Lóndres	(casi nada.)	

ALTURAS DE EDIFICIOS SOBRE EL TERRENO ADYACENTE.

La Pirámide mas alta de Egipto.	525
La Cúpula de San Pedro en Roma.	474
La Cúpula de San Pablo en Lóndres.	396
La Aguja de los inválidos en París.	378
La Giralda en Sevilla.	350
La torre de la catedral de Málaga.	330

GUIA DEL VIAJERO EN ESPAÑA.

Indicando las carreteras generales y provinciales y caminos traversales ó vecinales, con los pueblos mas notables que se encuentran, y las distancias de un punto á otro, leguas marcadas por el nuevo reglamento, y las distancias de las poblaciones mas notables del Universo, á Madrid.

CARRETERAS.

Las carreteras mas principales que hay en España son siete las que se llaman generales.

1.ª De Madrid á Francia, por Burgos, Miranda, Vitoria, Tolosa, San Sebastian é Irun.

2.ª La de Aragon y Cataluña, por Guadalajara, Calatayud, Zaragoza, Lérida, Barcelona, Gerona, Figueras, á la Junquera.

3.ª La de Murcia y Cartagena, por Aranjuez, Ocaña, Albacete, Hellin y Murcia.

4.ª La de Valencia, por Tarancon, Cuenca y Requena.

5.ª La de Andalucia, que costa de dos ramales: el primero por Baylén, Andújar, Córdoba, Ecija, Alcalá de Guadaira, (Sevilla) Jerez á Cádiz. El segundo desde Baylén por Jaen Granada á Málaga.

6.ª La de Estremadura y Portugal, por Navalcarnero, Talavera, Trujillo, Mérida y Badajoz.

7.ª La de Galicia y Asturias que como la de Andalucia tiene dos ramales, uno para Villacastin, Medina del Campo, Astorga Lugo á la Coruña. El otro por Olmedo, Valladolid y Leon á Oviedo.

De estas carreteras generales, parten una porcion de carreteras provinciales.

DIVISION TERRITORIAL.

La España está dividida en 49 provincias, 15 audiencias, 495 partidos judiciales, y 14 distritos mititares.

El número total de pueblos, es de 22.116, en los estados oficiales solo aparecen 19.845, por que hay una porcion de aldeas y parroquias unidas á otras poblaciones para el régimen municipal pero se las conoce con nombre distinto.

PRIMERA LINEA.

	Leguas de 5572,7 metros de 20,000 pies españoles.
Carrera de Madrid á Burgos; por Aranda.	42 1/2
De Burgos á Vitoria, por Miranda de Ebro.	22 1/2
De Burgos á Logroño, por Pancorbo.	22 «
De Burgos á Bilbao, por Balmaseda.	25 1/2
De Burgos á Bilbao, por Orduña.	27 «
De Burgos á Santander, por Ontaneda.	29 3/4
De Burgos á Santander, por Peñas-pardas.	29 «
De Madrid á Vitoria, por Burgos.	65 «
De Vitoria á Bilbao, por Durango.	14 3/4
De Vitoria á Pamplona, por Salvatierra.	15 «
De Vitoria á Logroño, por Peñacerrada.	11 «
De Vitoria á Tolosa, por Vergara.	16 «
De Vitoria á Vergara.	8 «
De Vergara á Bilbao, por Durango.	9 «
De Madrid á Tolosa, por Vitoria.	77 »
De Tolosa á Bayona, por Irun.	14 3/4
De Tolosa á Bilbao, por Durango.	15 1/2
De Madrid á Santander, por Burgos.	70 «
De Madrid á Logroño, por Burgos.	66 1/4
De Logroño á Pamplona, por Estella.	14 1/4
De Madrid á Bilbao, por Burgos.	68 «
De Bilbao á Vitoria, por Orozco.	11 «
De Madrid á Pamplona, por Burgos.	78 «
De Pamplona á Francia, por el Valle Bartán.	12 «
De Madrid á Bayona, por Burgos, Vitoria y Tolosa.	92 1/4

SEGUNDA LINEA.

De Madrid á Guadalajara.	10 «
De Guadalajara á Zaragoza.	45 1/4
De Guadalajara á Sória.	31 1/2
De Guadalaja á Molina. por Alcolea del Pinar.	24 3/4
De Madrid á Sória.	41 1/2
De Sória á Logroño, por Torrecilla de Cameros.	17 «
De Zaragoza á Lérida, por Fraga.	23 1/4
De Zaragoza á Teruel, por Cariñena.	27 1/2
De Zaragoza á Francia, por Ayerve y Jaca.	23 1/2
De Zaragoza á Barbasto.	15 «
De Zaragoza á Pamplona, por Tudela.	30 «
De Madrid á Huesca, por Zaragoza.	67 1/4
De Huesca á Lérida, por Barbastro.	16 1/2
De Madrid á Teruel.	30 1/4

De Madrid á Lérida, por Zaragoza.	80 1/4
De Lérida á Barcelona, por Cervera.	27 3/4
De Madrid á Barcelona, por Zaragoza.	108 3/4
De Barcelona á Gerona, por Mataró.	16 1/2
De Madrid á Tarragona, por Zaragoza.	93 1/2
De Tarragona á Barcelona.	13 1/2
De Tarragona á Reus.	2 «
De Madrid á Gerona, por Zaragoza y Barcelona.	125 1/2
De Gerona á Francia, por la Junquera.	10 3/4

TERCERA Y CUARTA LINEA.

De Madrid á Albacete, por Ocaña y la Roda.	57 1/2
De Albacete á Valencia, por Almansa.	29 1/2
De Albacete á Alicante, por Villena.	28 3/4
De Albacete á Murcia, por Hellin.	24 1/2
De Madrid á Valencia, por las Cabrillas.	61 3/4
De Valencia á Tarragona, por Murviedro.	40 3/4
De Madrid á Alicante.	75 «
De Alicante á Murcia, por Elche y Horiuela.	15 «
De Madrid á Murcia.	68 «
De Murcia á Cartagena.	9 «

QUINTA LINEA.

De Madrid á Jaen, por Ocaña y Bailén.	54 1/2
De Jaen á Granada, por el Campillo de Arenas.	15 1/2
De Madrid á Granada, por Bailén y Jaen.	74 3/4
De Granada á Almería, por Guadix.	24 3/4
De Granada á Murcia, por Guadix y Lorca.	47 «
De Granada á Motril.	12 «
De Granada á Málaga por Loja y Colmenar.	18 1/2
De Madrid á Málaga, por Jaen y Granada.	100 1/2
De Málaga á Motril, por la Costa.	18 «
De Málaga á Ronda.	11 «
De Málaga á Gibraltar, por la Costa.	20 «
De Madrid á Almería, por Granada.	103 «
De Madrid á Córdoba, por Bailén.	66 1/2
De Córdoba á Sevilla, por la Carlota y Ecija.	23 3/4
De Córdoba á Cádiz, por Jerez.	43 3/4
De Córdoba á Málaga, por Montilla y Antequera.	24 »
De Madrid á Sevilla, por Córdoba y Ecija.	98 1/2
De Sevilla á Granada, por Marchena, Osuna y Loja.	36 «
De Sevilla á Cádiz, por Jerez.	21 «
De Sevilla á Huelva, por la Palma.	10 «
De Madrid á Cádiz, por Córdoba y Jerez.	119 1/2
De Cádiz á Algeciras, por Chiclana.	18 «
De Madrid á Huelva, por Sevilla.	115 «

De Madrid á Ciudad-Real.	33 «
De Ciudad-Real á Córdoba, por Almaden.	32 «
De Madrid á Toledo, por Getafe ó Illescas.	11 1/2

SESTA LINEA.

De Madrid á Badajoz, por Talavera y Mérida.	62 3/4
De Madrid á Cáceres, por Trujillo.	49 «
De Badajoz á Sevilla.	35 «
De Cáceres á Mérida.	10 «
De Cáceres á Badajoz.	14 «
De Talavera á Plasencia.	22 «
De Talavera á Toledo.	12 «
De Mérida, á Jerez de los Caballeros, por Zafra.	15 «

SETIMA LINEA.

De Madrid á Lugo, por Belmonte.	86 »
De Lugo á la Coruña, por Betanzos.	14 «
De Madrid á la Coruña, por Benavente y Lugo.	105 «
De la Coruña al Ferrol.	9 1/2
De Madrid á Orense, por Benavente.	89 1/2
De Orense á Santiago.	17 »
De Orense á Vigo, por Puente-Areas.	16 3/4
De Orense á Tuy.	16 3/4
De Orense á Lugo.	14 3/4
De Madrid á Pontevedra.	104 3/4
De Pontevedra á Vigo.	5 1/4
De Madrid á Valladolid, por Olmedo.	34 «
De Valladolid á Leon.	23 3/4
De Valladolid á Búrgos, por Dueñas.	22 «
De Valladolid á Santander, por Palencia y Reinosa.	43 1/4
De Madrid á Leon.	57 3/4
De Leon á Oviedo, por Pajares y Mieres.	21 1/2
De Madrid a Oviedo, por Leon.	79 1/4
De Oviedo á Santander, por Villaviciosa.	53 1/2
De Madrid á Palencia, por Valladolid.	42 1/2
De Madrid á Zamora, por Toro.	44 «
De Zamora á Valladolid.	16 1/2
De Zamora á Braganza (Portugal).	14 «
De Madrid á Avila.	19 «
De Avila á Salamanca, por Peñaranda.	18 «
De Madrid á Salamanca, por Avila.	37 «
De Madrid á Salamanca por Villacastin.	31 «
De Salamanca á Valladolid.	20 «
De Salamanca á Ciudad-Rodrigo.	16 «
De Salamanca á Zamora.	12 «
De Madrid á Segovia.	15 1/2

DISTANCIAS DE LAS POBLACIONES MAS PRINCIPALES

DEL UNIVERSO A MADRID.

De Madrid á Argel, (Africa).	230
Alejandría, (Egipto).	851
Atenas, (Grecia).	59
Amsterdán, (Holanda).	330
Baidad, (Asia).	1.084
Berlin, (Prusia).	430
Buenos Aires, (América Meridional).	3.100
Canton, Asia, China.	2.706
Calcuta, Asia, India.	2.200
Constantinopla, Turquía Europea.	600
Génova, Estardos Sardos.	240
Habana, Isla de Cuba, Antillas por Cádiz.	1.609
Florencia, (Toscana).	320
Lóndres, Inglaterra.	321
Lisboa, Portugal.	109
Milán, Reino Lombardo Veneto.	272
Meca, Asia Arabia.	1.404
Nápoles. Capital de las dos Sicilias.	367
Nueva Orleans, (Estados-Unidos del Norte).	2.208
París, (Francia).	240
Parma, (Italia).	280
Pekin, (China).	2.804
Plasencia, Italia.	270
Roma, Italia.	304
San Petersburgo, (Rusia).	570
Sian, Asia, India.	2.600
Viena, Austria.	490
Washington, Estados-Unidos Antilla del Norte.	1.720
Venecia, Reino Lombardo, Veneto.	400

FERRO-CARRILES CONSTRUIDOS EN ESPAÑA.

	Kilóms.
De Madrid á Albacete.	278,44
De San Felipe Játiva, al Grao de Valencia.	59,45
De Barcelona á Mataró.	28
De Barcelona á Molins de Rey.	16,67
De Barcelona á Granollers.	29,26
De Sabadell á Moncada.	13,36
De Jerez al Puerto.	15,50
De Langreo á Gijon.	36,96
De Arnao á la Ria de Avilés.	5,00

REGLAMENTO PARA LA ORGANIZACION, SERVICIO Y DISCIPLINA

DEL PERSONAL SUBALTERNO DE OBRAS PÚBLICAS APROBADAS POR REAL DECRETO DE 12 DE ABRIL DE 1854.

REAL DECRETO.

Conformándome con lo que me ha propuesto, de acuerdo con el consejo de ministros, el de Fomento, he tenido á bien decretar lo que sigue:

Art. 1.º El personal facultativo auxiliar del cuerpo de ingenieros de caminos, canales y puertos, destinado á los servicios de obras públicas de esta clase con cargo á los presupuestos del Estado y de las provincias, se compondrá en lo sucesivo de Ayudantes.—Auxiliares,—y Sobrestantes.

2.º Las plazas asignadas á la clase de ayudantes serán 80, de las cuales 25 de término, con la dotacion fija de 10.500 rs. anuales, y las 55 restantes, de entrada en ella, con la de 9.000 rs.

La clase de auxiliares constituirán 60 individuos permanentes, ó de planta fija, y además los supernumerarios que fueren nombrados en proporcion á las necesidades que ocurran en el ramo. Tendrán de dotacion fija los primeros, 7.500 rs. anuales y 6.000 los segundos.

Los sobrestantes serán todos de igual categoría para el percibo de su dotacion, que será de 4.400 rs.

Art. 3.º Los individuos de las tres clases mencionadas en el anterior artículo se distribuirán, destinándolos á las diferentes atenciones del servicio ordinario de las respectivas demarcaciones en la forma que sigue:

Un ayudante de los de término por cada distrito de obras públicas á las inmediatas órdenes de los gefes respectivos, y uno de los de entrada para cada provincia.

Un Auxiliar permanente destinado tambien á cada provincia, sin perjuicio de los demás de su categoria, ó de los supernumerarios que fueren precisos. Estos últimos, por regla general, tendrán asimismo su destino en provincia determinada.

Los demás ayudantes y auxiliares quedarán disponibles para destinarlos á servicios especiales, y á las comisiones extraordinarias que ocurran.

El número de plazas que han de proveerse con los sobrestantes se determinarán:

1.º Por la estension de las carreteras en estado de conservacion, asignando á cada uno de ellos una seccion por lo menos de 30 kilómetros.

2.º Por las que tuvieren las demás atenciones del ramo de obras públicas que deban ser desempeñadas por uno de aquella clase.

Art. 4.º Asi los ayudantes, como los auxiliares y sobrestantes, tendrán derecho á percibir, en sus casos respectivos y conforme á los reglamentos é instrucciones del servicio de las obras públicas, los abonos que

devengaren por razon de la movilidad, en que los constituyan sin destinos ó comisiones, asi como por indemnizacion de cualesquiera otros gastos personales.

Los ayudantes y auxiliares permanentes gozarán, además, las consideraciones que disfrutan como empleados con sueldo clasificado los de las demás carreteras civiles que se encuentran en este caso, á fin de que le sean aplicables los derechos pasivos, asi como los de viudedad y orfandad para sus mujeres é hijos, conforme á las disposiciones que rijan sobre este punto.

Art. 5.º A fin de que desde luego quede organizado el servicio de las obras públicas con los actuales empleados de las clases análogas ó equivalentes, las plazas de la nueva clase de ayudantes serán provistas con los celadores, en vista de sus antecedentes respectivos, graduados en el órden preferente que sigue:

1.º Los méritos, aptitud y comportamiento acreditados en el mismo ramo de obras públicas.

2.º La antigüedad de servicio en el propio ramo.

Los actuales celadores, que no pudieren tener cabida en las plazas de ayudantes, quedarán en la de auxiliares.

Art. 6.º En la clase de auxiliares tendrán ingreso los actuales apareadores; pero deberá procederse á su designacion y nombramiento despues de formado el escalafon general de los individuos que han de constituir dicha nueva clase, guardando el órden de preferencia anotado en el artículo precedente.

Art. 7.º Los actuales sobrestantes continuarán en su misma clase, formando en cuanto concierne á su distribucion y servicio, parte de la nueva organizacion.

Art. 8º. Los empleados actuales que respecto de la clase en que servian obtuvieren ventaja con dichos nombramientos, y no les conviniere trasladarse al nuevo destino ó residencia que se les asigne fuera de los distritos en que se encontraren, podrán renunciar dicha ventaja, quedando en la clase inferior inmediata á la que fueren llamados en virtud de la nueva organizacido.

Art. 9.º A los que por virtud del presente arreglo quedaren como supernumerarios, y á los que en adelante fueren nombrados con igual concepto, segun lo dispuesto en el art. 2.º, se les abonarán para la regulacion de sus derechos pasivos el tiempo que sirvieren hasta ocupar alguna plaza permanente.

Art. 10. En lo sucesivo no habrá en el ramo de obras públicas mas plazas de subalternos facultativos, ni otra clase de auxiliares, que las declaradas como permanentes ó de planta en los artículos anteriores. Tampoco se nombrarán empleados interinos ó temporeros de aquellas clases, ni se satisfarán haberes que no se hubieren aprobado préviamente con los presupuestos anuales, ó por una disposicion especial.

Art. 11. Cuando la extension ó importancia de las obras y servicios provinciales lo exigieren, se determinarán, prévia instruccion de espediente en cada caso, y oida la diputacion provincial, los subalternos cuyos haberes deban cargarse á los presupuestos respectivos.

Art. 12. Ningun nombramiento de las clases espresadas podrá recaer en lo sucesivo, si no en los individuos que reunan las condiciones señaladas en el reglamento que á este fin y para la mejor organizacion, servicio y disciplina de dichos empleados se aprueba con esta fecha.

Quedan derogadas las disposiciones anteriores que se opongan á las del presente decreto y subsistentes las relativas á los directores de caminos vecinales, y á los capataces y peones camineros de las carreteras, los cuales seguirán como hasta aqui con sujecion á sus respectivos reglamentos.

Dado en Palacio á doce de abril de mil ochocientos cincuenta y cuatro.—Está rubricado de la real mano.

REGLAMENTO.

CAPITULO PRIMERO.

Artículo 1.º Constituyen el personal facultativo de clases subalternas de obras públicas para auxiliar al cuerpo de ingenieros de caminos, canales y puertos, en los servicios propios de este instituto, costeados por el estado y las provincias, los ayudantes, y auxiliares y sobrestantes, cuyas plazas serán provistas con sugetos que reunan las condiciones de este reglamento.

Todos los nombramientos de las mencionadas clases, se harán en virtud de reales órdenes espedidas por el ministerio de fomento, á propuesta de la Direccion General de obras públicas, por cuyo conducto recibirán los interesados sus respectivos títulos y todas las resoluciones superiores que los conciernan.

Art. 2.º A las vacantes que ocurran en las plazas de término de la clase de Ayudantes de obras públicas, optarán solamente los demas individuos de la propia clase, y á las plazas restantes los que hubieren servido el tiempo de tres años en la de Auxiliar; pero no se proveerá ninguna sino mediante propuesta en terna, que formará la Direccion general, con los individuos que hubieren merecido la calificacion correspondiente de la Junta consultiva, en vista de las ojas de servicios y demas antecedentes oficiales de los individuos elegibles.

Art. 3.º Las plazas permanentes de Auxiliares de obras públicas se proveerán con los empleados supernumerarios de la misma clase, observándose iguales formalidades de calificacion y propuestas en terna que para el nombramiento de Ayudantes.

El de auxiliar supernumerario no podrá recaer sino en los individuos que reunan las condiciones siguientes: no ser mayores de 30 años de edad: tener título de académico de Maestro de obras ó de Director de Caminos vecinales, con práctica de dos años, ó una certificacion de apertitud, que los pretendientes podrán obtener, mediante un exámen teórico-práctico ante los Ingenieros gefes de los distritos, con la asistencia de otros dos, conforme al programa que se circulará por la direccion general

Los licenciados del egército y los empleados que sirvieren con propie-

dad plazas de sobrestantes de obras públicas, serán admitidos hasta los 35 años de su edad, siempre que acredite la aptitud del modo espresado.

Art. 4.º Las plazas de sobrestantes de Obras públicas se reservarán con preferencia para los individuos que reunan las condiciones mencionadas en el artículo precedente: los que no se hallaren en tal caso deberán acreditar que no esceden de la edad marcada en el mismo, y justifica su aptitud con el título de agrimensor, ó con una certificacion de exámen, conforme al programa que se fijará para los de su clase.

Los licenciados del ejército y capataces de obras públicas serán admitidos con iguales condiciones hasta la edad de 40 años.

No podrá recaer nombramiento de sobrestante en quien no reuna las condiciones espresadas en este artículo. La direccion general formará al efecto las propuestas correspondientes, designando en cada caso los sujetos en quienes concurran mejores circunstancias, en vista de los documentos de aptitud y demas antecedentes que reunan los pretendientes

Art. 5.º Los servicios y comisiones en que tendrán su destino los ayudantes, auxiliares y sobrestantes, son:

1.º Los de sus respectivas clases en todas las obras públicas del estado.

2.º Los que de igual modo les correspondan en las que promuevan y ejecuten las provincias y los ayuntamientos de acuerdo con el gobierno.

3.º Los que les encargaren empresarios particulares para ejecutar las obras de una ú otra clase que fueren de su cargo por contrata de adjudicacion.

En el primer caso, todos los haberes de los mismos empleados se satisfarán con cargo al presupuesto general del estado; en el segundo, imputándolos á los de las respectivas provincias en que se incluirán al efecto, y en el tercero, por cuenta de los empresarios que los ocupen.

6.º Por regla general, los mismos empleados subalternos desempeñarán indistinta y simultáneamente, todos los servicios de su clase, en comisiones y trabajos dependientes del estado y de las provincias, siempre que radicaren en los puntos de su residencia ó demarcacion, aun cuando solo perciban sus haberes de uno de dichos presupuestos.

Será incompatible para los mismos empleados, mientras sirvieren destinos ó comisiones de las clases mencionadas, acumular mas de un sueldo ni desempeñar ninguna otra ocupacion que tenga por objeto servicios contratados por empresarios.

Art. 7.º Cualquiera empleado de las clases mencionadas podrá obtener autorizacion del Gobierno para dedicarse esclusivamente al servicio de los empresarios de obras públicas, siempre que estos lo pidieren, aceptando la obligacion mencionada en el artículo 5.º y fijaren el tiempo durante el cual los han de ocupar.

Las bajas de los individuos comprendidos en esta disposicion, no tendrán efecto sino respecto á sus haberes, conservando por lo demás sus derechos al abono de servicios.

Art. 8.º La direccion general distribuirá los ayudantes, auxiliares y sobrestantes por distritos y provincias, destinándolos oportunamente y en número proporcionado á las atenciones ordinarias, así del cargo del estado como provinciales que ocurran dentro de dichas circunspecciones.

Para las comisiones especiales y estraordinarias fijará tambien en el número de individuos de los propias clases que deban auxiliar á los Ingenieros.

La misma direccion general dispondrá de igual modo el relevo de cada uno de dichos subalternos, señalándoles el nuevo destino ó situacion en que hubieren de quedar.

Art. 9.º Los ingenieros gefes de los distritos, con presencia de las atenciones que ocurran en cada una de las provincias, y arreglándose á las disposiciones que por la direccion general se les comuniquen al efecto, señalarán á cada uno de dichos empleados el punto de su ordinaria residencia, el ingeniero á quien deberá reconocer y obedecer como su gefe inmediato, y el número, extension y naturaleza de los servicios que hayan de desempeñar, segun se determina para cada clase en los capítulos siguientes de este Reglamento.

Art. 10. Para todos los actos del servicio, los empleados de las clases mencionadas dependerán exclusivamente del ingeniero, á cuyas inmediatas órdenes fueren destinados.

Podrán, no obstante, desempeñar algun encargo temporal, bajo las instrucciones especiales del ingeniero gefe del distrito, cuando lo disponga á propuesta del mismo la direccion general.

Art. 11. Los empleados subalternos, cuando se hallaren reunidos para actos del servicio, guardarán entre sí la consideracion y correspondencia establecidas para sus clases, estando subordinados los individuos de las inferiores á los de las superiores inmediatas.

Estarán obligados tambien á presentarse con el uniforme y distintivos asignados á sus clases en los actos del servicio que se les previniere por sus gefes.

Art. 12 Así los ayudantes como los auxiliares de obras públicas gozarán de la consideracion de peritos, para los casos en que por encargo de la administracion procedan al apeo, deslinde y tasacion de toda clase de prédios rústicos y artefactos, así como la fijacion de sus derechos y servidumbres, medicion de aguas y demás cuestiones en que se interesare algun servicio público.

CAPITULO SEGUNDO.

DE LOS AYUDANTES.

Art. 13. Todos los ayudantes serán considerados entre sí como iguales en categoría y formarán la clase inmediata inferior de los ingenieros y superior de los empleados subalternos de obras públicas.

Art. 14. Los ayudantes desempeñarán su destino en los distritos, á las inmediatas órdenes del ingeniero gefe, ó á las de otro que el mismo designe, fijandole residencia en una de las provincias de la propia demarcacion.

Por falta de ingenieros, el gefe del distrito podrá comisionarlos para que ejerzan algunas funciones de las que corresponden á aquellos, determinando con claridad las que le confiareu.

Cuando estas pertenecieren á obras y servicios provinciales, el mismo gefe comunicará al Gobernador respectivo las disposiciones que hubiere adoptado.

En todo caso dará cuenta de ellas á la direccion general.

Art. 15. Las obligaciones generales de los ayudantes, son:

Primera. Acompañar al ingeniero, su gefe inmediato, cuando lo dispusiere el mismo, para auxiliarle en los reconocimientos, levantamiento de planos, nivelaciones y demás trabajos del campo, propio del servicio de las obras públicas.

Segunda. Llevar con buen órden el diario de las mencionadas operaciones, y las libretas y cuadernos en que se anoten los datos recogidos para los trabajos de gabinete.

Tercera. Practicar por sí mismo, siempre que así se le previniere, alguna de aquellas operaciones, así como el trazado de alineaciones, replanteo de obras, cubicaciones y demás que ocurrieren, egecutándolas con sujecion á las instrucciones que se le comuniquen, y dando cuenta exacta del resultado.

Cuarta. Visitar las obras de nueva construccion y las reparaciones de importancia, permaneciendo en unas y otras con el objeto y por el tiempo que se le designe.

Quinta. Desempeñar en cualesquiera de los casos precitados, y cuando no hubiere auxiliares, las obligaciones asignadas á estos, sin perjuicio de las de su cargo.

Sesta. Vigilar el buen cumplimiento de las obligaciones impuestas á todos sus subordinados en las obras públicas, y dar cuenta á su gefe de cuanto sobre este particular juzgue que deba corregirse.

Sétima. Informar á su gefe inmediato de palabra y por escrito si lo previniere, sobre todos los asuntos del servicio que estime conveniente.

Octava. Estender y firmar los documentos facultativos y de contabilidad en que su gefe deba poner el V.º B.º con arreglo á los modelos é instrucciones generales del servicio de obras públicas.

Novena. Asistir á la oficina ó despacho del ingeniero y desempeñar en ella los trabajos del servicio que el mismo ordenare.

Art. 16. En los casos de ausencia ó enfermedad del ingeniero, y á falta de otro que le reemplace le sustituirá el ayudante para que no se interrumpa el órden del servicio, á cuyo fin desempeñará tambien la correspondencia con el ingeniero gefe del distrito y las autoridades de la provincia.

Art. 17. Los ayudantes deberán estar provistos de caballo para que en todo tiempo se encuentren dispuestos á prestar los servicios de su clase en cualquiera punto de la demarcacion á que correspondan.

CAPITULO TERCERO.

DE LOS AUXILIARES.

Art. 18. Los Auxiliares permanentes y supernumerarios serán considerados como si fueran iguales para todos los actos del servicio, y

constituirán la clase intermedia entre los ayudantes y sobrestantes, siendo los inmediatos inferiores de aquellos y superiores de estos.

Art. 19. Dentro de los distritos á que se hallaren destinados los Auxiliares, prestarán los servicios que les corresponden.

1.° A las inmediatas órdenes del ingeniero que se le designe, con residencia fija en provincia, demarcacion y punto determinados, para cuidar de las obras de nueva construccion, y de las reparaciones de importancia.

2.° Supliendo á los ayudantes para cubrir atenciones estraordinarias del servicio, en cuyo caso desempeñarán los Auxiliares dentro ó fuera de su provincia las funciones propias de aquellos, bajo la inmediata dependencia de un ingeniero.

3.° En los trabajos gráficos y de oficina que ocurran en la provincia de su residencia, para cuyo desempeño concurrirán al alojamiento del ingeniero, su gefe inmediato. Por disposicion del mismo, mientras permanezca en tal situacion, podrán ocuparse además en los reconocimientos y trazados de los caminos vecinales y en otras atenciones que no ocasionen sino una ausencia de pocos dias.

Art. 20. Las principales obligaciones de los Auxiliares son:

Primera. Residir constantemente en las obras de su cargo, en las que tendrá, mientras no se halle el ingeniero ó ayudante, la consideracion de gefe local para todo lo relativo al servicio.

Segunda. Asistir diariamente á las mismas, recorriendolas oportunamente segun fuere la estension de las que tuviere á su cargo; cuidar del buen órden de todos los trabajos, y procurar su mayor progreso, exigiendo de todos sus subordinados el puntual cumplimiento de sus deberes.

Tercera. Conservar en su poder los planos, perfiles, detalles, pliegos de condiciones y memoria del proyecto de obra; llevar el diario y la contabilidad de la misma, con sugecion á los formularios que se le dieren.

Cuarta. Fijar las alineaciones sobre el terreno; replantear todas las obras de fábrica; trazar sus monteas y aparejos; disponer los andamios y cimbras, los depósitos de materiales, hornos, talleres, almacenes y demás medios de ejecucion; todo con estricta sujecion al proyecto y á las instrucciones particulares que le diere su gefe para plantear los trabajos.

Quinta. Disponer que se acopien los materiales al pié de obra, y cuidar de que en cantidad, calidad y dimensiones sean las que marcaren las condiciones facultativas.

Sesta. Vigilar constantemente por sí y por medio de sus subordinados las obras y todas las operaciones concernientes á las mismas, cuidando de que se observen las reglas de arte para su mejor construccion.

Séptima. Despachar la correspondencia con su gefe inmediato, pasándole en periodos regulares los estados de progreso en las obras, dándole parte de cuanto ocurriere, y pidiendo en todo caso imprevisto las instrucciones que estime necesarias para cubrir su responsabilidad.

Octava. Estender y firmar con arreglo á los modelos y formularios, los documentos facultativos y de contabilidad relativos á las obras de su cargo que deba pasar á su gefe inmediato.

Art. 21. Cuando un Auxiliar estuviere al frente de obras contratadas por particulares, tambien ejercerá de lleno las obligaciones que se le señalan en el artículo precedente, escepto la cuarta cuyas operaciones hará ejecutar á los agentes y operarios del contratista; pero deberá tener particular cuidado de que se ejecuten como allí se previene.

Art. 22. Siempre que las obras se ejecutaren por el sistema de administracion; corresponderá al Auxiliar, mientras reuna el concepto de gefe local de las mismas, dar las órdenes y vigilar á todos sus subordinados; fijar las horas en que han de principiar y concluir los trabajos del dia y los descansos; recibir y despedir los operarios, señalarles tarea, llevar su alta y baja y hacerles sus ajustes; cuidar del buen uso y conservacion de la herramienta y de que no falten los necesarios útiles, haciendo que se recompongan en tiempo oportuno; concertar los destajos y la compra de efectos y materiales, cuando se le autorice para ello; y dar las demás disposiciones á que alcancen sus facultades para la conveniente y regular marcha de los trabajos, arreglándose puntualmente á las instrucciones que le diese su gefe.

CAPITULO CUARTO.

DE LOS SOBRESTANTES.

Art. 23. Los sobrestantes forman la clase inmediata inferior de los Auxiliares y superior de los capataces y demás dependientes y operarios de las obras públicas.

Los que fueren destinados á la conservacion permanente de las carreteras, tendrán, cada uno á su cargo, una longitud determinada de las mismas.

Habrá tambien otros que estarán afectos á iguales demarcaciones en las carreteras de nueva construccion, ó á cualesquiera otras clases y trabajos de importancia, con el carácter, funciones y por el tiempo que se les designen.

Art. 24. Las obligaciones generales de los sobrestantes destinados á la conservacion de las carreteras serán.

Primera. Residir permanentemente en su seccion y recorrerla en toda su longitud, con la frecuencia que exigieren el estado y los trabajos de ella.

Segunda. Vigilar la puntual asistencia de todos los capataces y peones camineros, exigiéndoles el mas esacto cumplimiento de los deberes que les impone su reglamento.

Tercera. Señalar á los mismos dependientes la tarea de trabajo para cada semana ú otro periodo de tiempo; reunirlos en cuadrilla; plantar en esta forma las operaciones que deban ejecutarse en cualquiera punto de la seccion, permaneciendo, si se le previniere, al frente de los trabajos.

Cuarta. Llevar alta y baja del personal fijo de su seccion, recibir y despedir los peones auxiliares ó estraordinarios.

Quinta. Enseñar el buen uso de la herramienta á todos los peones y operarios, y el mejor método de todos los trabajos que deben ejecutar, llevando el alta y baja de todos los útiles y efectos, y disponiendo cuando le fuere ordenado, la recomposicion de los mismos.

Sesta. Recibir los materiales, cuidando que sea en cantidad y de la calidad que le marcaren las condiciones ú órdenes que se le comunicaren, y llevar cuenta exacta de su importe y empleo, respondiendo en todo caso de las existencias.

Séptima. Llevar el diario de los trabajos y la contabilidad de todos los haberes y gastos de su seccion, firmando las listas y relaciones que con arreglo á modelos é instrucciones deberá pasar á su gefe inmediato.

Octava. Dar al mismo con la mayor puntualidad parte de cuanto deba llegar á su noticia; pedirle las instrucciones oportunas y obedecerle en cuanto ordenare para asuntos del servicio.

Art. 25. Para las atenciones del servicio ordinario de conservacion permanente de una seccion de carretera, el sobrestante asignado á ella ejercerá de lleno todas las funciones de su clase, pero si ocurrieren grandes reparaciones ú obras de fábrica cuya ejecucion se encomiende á un ayudante ó auxiliar, estará subordinado á estos en el modo y forma que determine su gefe inmediato.

Art. 26. En toda obra nueva, y en las comisiones especiales y estraordinarias á que se destinen uno ó mas sobrestantes, en concurrencia con otros subalternos de superior clase, deberán señalárseles las obligaciones respectivas, que serán análogas á las mencionadas en el art. 24.

Art. 27. El ingeniero gefe del distrito, señalará á los sobrestantes, en cualquiera de las situaciones que se les prefijan en el artículo anterior, el punto en que tendrán su residencia fija, la longitud de la seccion ó extension del territorio á que se les destinare, y en su caso el carácter y las funciones de su destino.

Art. 28. Los sobrestantes no podrán ejercer funciones de Auxiliares ni otras superiores en el órden facultativo, á las asignadas á su clase, sin que préviamente les autorice la direccion general, á propuesta del ingeniero gefe, y para algun caso y tiempo determinados.

CAPITULO QUINTO.

DISPOSICIONES DISCIPLINALES.

Art. 29. Los empleados subalternos de obras públicas guardarán la debida atencion y deferencia á todas las autoridades locales, y muy particularmente al Gobernador de la provincia donde tuviere su residencia ó destino.

Art. 30. En todos los asuntos del servicio que los mismos empleados deben prestar por razon de sus empleos, destinos y comisiones, estarán subordinados al ingeniero, su gefe inmediato, por cuyo solo

conducto recibirán cuantas órdenes é instrucciones deban dirigírseles.

Art. 31. Las solicitudes y reclamaciones que hubieren de hacer los referidos empleados, deberán dirigirlas precisamente por conducto de su inmediato gefe, solo cuando las produzcan en queja del mismo podrán acudir al ingeniero gefe del distrito, y á la direccion general, si pasado un mes no hubiere recaido providencia de aquel. En todo caso deberán guardar, en cuanto espusieren, la consideracion debida á dichos Jefes.

Art. 32. No podrán ausentarse los Ayudantes, Auxiliares ni Sobrestantes del pueblo ó punto de su residencia sin expreso permiso de su gefe inmediato.

Tampoco podrán salir de la provincia sino con la autorizacion del Ingeniero Jefe del distrito, quien le dará con motivo urgente y por un término que no exceda de veinte dias; pero si el interesado percibiere sus haberes del presupuesto de la provincia, deberá obtener antes por conducto de su gefe inmediato la licencia del Gobernador de ella.

Las solicitudes de licencias para venir á Madrid y las que hicieren para ausentarse de sus destinos por mas tiempo que los veinte dias, deberán dirigirlas por los trámites y conducto espresado.

Art. 33. Siempre que por motivo del servicio estuviere de tránsito alguno de dichos empleados, y permaneciere por un dia en punto donde resida un ingeniero, deberá presentársele como á su superior. Si fuere uno de estos el que transitare por el punto en que tengan, aquellos su residencia y las obras puestas á su cuidado, y se diere á reconocer manifestando deseo de verlas, le acompañáran en ellas.

Art. 34. Cuando por cualquiera causa ó motivo un empleado de las clases citadas hiciere dimision de su destino, no podrá abandonarlo, ni ausentarse del punto de su residencia sin haber obtenido antes la autorizacion superior y hecho entrega al que fuere nombrado para su relevo. La falta de cumplimiento á esta prevencion será castigada, imposibilitando al culpable para volver á obtener destinos en obras públicas, sin perjuicio de proceder á lo que hubiere lugar.

Art. 35. Todo empleado subalterno de obras públicas, estará obligado en la estension que tuvieren los trabajos puestos á su cuidado, ó en la demarcacion que para cualquiera otra comision se le hubiere asignado:

1.° A cuidar del buen comportamiento de los dependientes y operarios que estuvieren á su inmediato cargo.

2.° A vigilar la observancia de las leyes, reglamentos y disposiciones generales vigentes de obras públicas.

Si el caso lo requiere deberán dar parte de la ocurrencia á la autoridad local impetrando de la misma las disposiciones ó auxilio que en las circunstancias parezcan necesarias ó convenientes.

Art. 36. Será incompatible con el servicio que dichos empleados deben prestar en las obras puestas á su cuidado el que tengan directa ni indirectamente participacion en las contratas ó destajos de las mismas, ni otro interés de mancomunidad con sus causantes bajo tal con-

cepto. Tampoco podrán tener ocupados en las mismas obras carros ó caballerías de su propiedad. Las faltas á estas prescripciones se castigarán con la separacion del destino.

Art. 37. Serán responsables los mismos empleados de todos sus actos para con sus inmediatos jefes; pero muy particularmente respecto á la exactitud y veracidad de los datos, noticias y resultado que produzcan en cumplimiento de su deber, y al evacuar cualquier encargo que los mismos les hicieren. Las faltas en este caso serán calificadas de medianas ó gráves, segun provengan de descuidos involuntarios ó de poca exactitud y celo en el cumplimiento de sus deberes.

Art. 38 Las faltas que en el cumplimiento de sus deberes cometieren los Ayudantes Aparejadores y Sobrestantes, se clasificarán para su correccion y castigo en *medianas graves* y *muy graves*.

Art. 39. Se reputan faltas medianas las que manifiesten descuido, morosidad y abandono en la vigilancia que deben tener sobre sus respectivos subordinados; el mal trato á los mismos, y el retardo en el cumplimiento de las órdenes de sus jefes, siempre que de tales causas no se sigan consecuencias graves.

Se corregirán dichas faltas con las amonestaciones y reprension oportunas que recibirán los causantes de sus inmediatos jefes, y en último grado de las mismas, imponiéndoles una suspension preventiva de funciones ó sueldo, y la nota que corresponda en la respectiva oja de servicios.

Art. 40. Se califican de faltas graves: la reincidencia en las leyes; la insubordinacion de palabra, accion ó por escrito al ingeniero, su gefe inmediato; todo abuso ó exceso cometido sobre sus subordinados; la aplicacion de efectos, peones y operarios ó de sus gastos á distinto objeto del que estuvieren destinados, y toda falta proveniente de descuido en el cumplimiento de obligaciones, y de la cual se haya seguido un trastorno con perjuicios para el servicio.

Serán castigadas estas faltas con la suspension de sueldo desde quince dias hasta tres meses, segun fueren las circunstancias, y gravedad de cada caso, y en último grado con la misma suspension de sueldo, que podrá durar hasta seis meses.

Art. 41. Se consideran faltas muy graves: la reincidencia en las graves de insubordinacion, la connivencia ó disimulo que se les probare respecto de las que los contratistas hayan cometido en el cumplimiento de las condiciones estipuladas; y en general, toda operacion y acto que por su naturaleza y resultados descubra algun hecho criminal ó contrario á la probidad y justificacion de dichos empleados.

Por las faltas de esta clase incurrirán los mismos en la separacion del destino sin perjuicio de lo demás á que segun los casos hubiere lugar por el Código penal.

Art. 42. Podrá suspender preventivamente á los empleados subalternos por las faltas penadas en los tres artículos precedentes; el ingeniero que fuere su gefe inmediato, quien dará cuenta inmediatamente al superior para que resuelva ó proceda á lo que hubiere lugar. En to-

do caso la suspension de sueldo deberá proponerse á la direccion general, y la imposicion de nota ser resuelta por la misma oyendo á la junta consultiva.

Art. 43. La calificacion de las faltas graves, se hará siempre por la junta consultiva, prévia la instruccion de espediente, y mediante propuesta del ingeniero gefe respectivo, en cuya forma resolverá la misma direccion determinando la pena, escepto los casos en que la suspension de sueldo hubiere de durar mas de tres meses.

Cuando las faltas fueren muy graves, la propia direccion despues de instruir el espediente gubernativo como para las graves, hará la propuesta, à fin de que por real órden ó por los tribunales competentes se aplique la pena que corresponda.

Madrid 12 de abril de 1854.—Aprobado por real decreto de esta fecha.

APUNTES CURIOSOS Y SISTEMA DE MEDIDAS.

La tierra no es exactamente redonda, está aplastada hácia los polos $\frac{1}{130}$ su figura es como la de una naranja, no obstante, se considera esférica.

El Meridiano terrestre es un círculo que se concibe pasar por los polos del mundo, cortando al horizonte en ángulos rectos y dividiendo al mundo en dos mitades, á Oriente y á Occidente.

El Meridiano sirve para señalar el medio dia y la media noche, para demostrar la mayor altura del sol sobre el horizonte; para dar á conocer la altura del polo.

El Ecuador es un círculo que dista 90.° de los polos del mundo, cuando el sol se halla en este círculo es el equinocio en toda la tierra y son los dias iguales con las noches. El Ecuador divide al mundo en dos partes iguales, una hácia el polo Artico y otra hácia el Antártico *Norte y Sur*. En medio de la Zona Tórrida son siempre los dias iguales con las noches (12 horas) por ser esfera recta.

En las Zonas templadas, la esfera es oblícua, lo que ocasiona que los dias y las noches sean desiguales, escepto en los equinocios; en estas Zonas jamás se ponen las estrellas que rodean al polo, ni jamás se ven las que rodean al opuesto.

Cada dia forma el sol una línea espiral, círculos paralelos al Ecuador, no vuelve al punto donde salió, adelanta un grado próximamente hácia el Norte ó al Sur.

Los padres del concilio Niceno supusieron exacto al año de 365 dias, intercalando cada cuatro uno de 366 dias, pero como á cada año le faltaban 11 minutos para completar el bisiesto, y dichos minutos forman un dia cada 140 años; el Padre Gregorio 13.° reformó el calendario en el año de 1582, suprimiendo 10 dias del mes de octubre del año de 1583, dejando el dia 15 en el dia 5, y en adelante en el espacio de 400 años se omitirán tres bisiestos; el último año de cada siglo no será bisiesto sino de 400 en 400 años.

Esta correccion es la Gregoriana que siguen los Católicos y muchos herejes. Los que no la siguen les vendrá época que verán cambiadas las estaciones.

DESCRIPCION DEL MERIDIANO TERRESTRE.

Sale de Paris, entra en el Mediterráneo por entre Barcelona y Mataró, toca y deja á la izquierda á Mallorca, entra en Africa por la derecha de Argel, atraviesa el gran desierto cortando en él, el *trópico de Cancer*, y sale al Atlántico por el Golfo de Guinea dejando unos 6.º á la izquierda las islas de Fernando Pó; corta al *Ecuador*, (Linea Esquinocial) y sigue unos 10.º á la derecha del Africa, corta el trópico de *Capricornio*, deja 14.º á la izquierda al Cabo de Buena Esperanza en el grande occéano Austral, entra el Glacial, atraviesa el *polo Sur* y sale á tierra Vitoria y al occeano Glacial Antartico,, luego al Austral, llega al punto *antipodas de Paris* 180.º dejando por la izquierda la nueva Zelandia, *antipodas de España*, corta el *trópico de Crapicornio*, y despues de las islas Tonga y Solitaria (Occeania) corta otra vez al *Ecuador*, marcha por el grande Occéano Equinocial y la Micronesia, corta el *trópico de Cancer*, pasa por entre las islas Filadelphia á el grande Occéano Boreal y á las islas Aléoutiennes, deja 11.º á la derecha á la América Rusa, Golfo de Anadir, atraviesa parte de la Siberia (Asia), mar Polar, atraviesa el *polo Norte*, y sale cerca de la isla Frislandia y tierra del N. E. entra en el Occéano Glacial artico y por la isla Llope y mar germanico entre la Noruega y las islas Shetlan y por entre Inglaterra y Amsterdam entra en Francia por cerca de Dunkerque, y por Amiens á Paris.

Este Meridiano es el circulo máximo del globo Tarraqueo.

A fines del siglo pasado se reunió en Paris un congreso de Sábios de diferentes naciones, y por parte de España asistieron los señores Ciscar y Pedrayes, para medir con toda la exactitud posible un cuarto de este Meridiano, ó sea la parte comprendida entre el Polo y el Ecuador, y hallaron que contenia una línea de 11.965.080 varas; esta distancia es el prototipo de la unidad fundamental sobre que está fundado el sistema métrico decimal, porque de ella tomaron la diez millonésima parte, á la que dieron el nombre de *metro*.

La resolucion de las Córtes respecto al sistema métrico decimal, es un adelanto positivo hácia el órden, progreso y civilizacion.

Este sistema, basado en un principio científico, tiene por objeto hacer desaparecer la infinita variedad de medidas y pesas, como *Legua, toesa, braza, palmo, codo, arroba, libra, cordel, fanega de puño, dia de bueyes, celemines, azumbres, etc,. etc.*

Tiene sus inconvenientes como sucede siempre que se crea una combinacion nueva, que por buena que sea perjudica otra. Aquí se nos viene á la memoria esto: *uno dijo: se va á proveer de agua una ciudad*, y le contesto otro. *¿Qué será de los pobres aguadores!*

Nosotros no hemos usado exclusivamente el metro en este libro porque en los pueblos pequeños no se conoce todavia muy bien el sistema

métrico, por eso hemos alternado en las medidas y nivelaciones, practicando una en pies, y otra en metros; tambien hemos hecho mencion de las medidas métricas en los trabajos de esplanacion y firme, en los casos sencillos y en las tareas á los operarios que son en las que ponen mas cuidado por el interés que le reporta.

SISTEMA METRICO.

Metro. Diez millonésima parte de un cuarto del Meridiano terrestre es la unidad fundamental de este sistema, por eso se llama *sistema métrico*, tambien se llama *decimal* porque las unidades de una misma naturaleza son 10, 100, 1.000, ó 10.000, veces mayores; ó 10, 100, 1.000, 10.000 etc. veces menores que la unidad principal.

MEDIDAS LINEALES.

EQUIVALENCIA DE

		Metros.		*á Varas de Castilla*	*y á Pies de Castilla.*
Incremento	Meridiano Terrt.	40.000.000	Decena de millon.	47.852.520,	143.556.960,
	Un arco ó 4° del M	10.000.000		11.963.080,	35.889.240,
	Un miriámetro. .	10.000	Decena de millar.	11.963,0800	35.889,24
	Un kilómetro. .	1.000	Millar.	1.196,3080	3.588,924
	Un hectómetro .	100	Centena.	119,6308	358,8924
	Un decámetro. .	10	Decena.	11,96308	35,88924
Punto divisor	Un METRO unida fundamental .	1	Unidad.	1,196308	3,588924
Decremento	Un decímetro. .	0,1	Decena de unid.	0,1196308	0,3588924
	Un centímetro. .	0,01	Centena de unid.	0,01196308	0,03588924
	Un milímetro. .	0,001	Millar de unidad.	0,001196308	0,003588924

Diez leguas	55.727,0	66.666,66666	200.000
Una legua.	5.572,70	6.666,66666	20.000
Media legua.	2.786,350	3.333,33333	10.000
Un cuarto de legua. . .	1.393,175	1.666,66666	5.000

MEDIDAS LINEALES.

Varas de Castilla.	Metros.
1.000	835,90500
100	85,590500
10	8,359050
9	7,523145
8	6,687240
7	5,851335
6	5,015430
5	4,179525
4	3,343620
3	2,507715
2	1,671810
1	0,835905

Pies de Castilla	Metros.
1	0,278635
2	0,557270
3	0,835905
4	1,114540
5	1,395175
6	1,671810
7	1,950445
8	2,229080
9	2,507715
10	2,786350

MEDIDAS DE UNIDADES DE SUPERFICIE.

Pies cuadrados de Castilla.	Metros cuadrados.
1	0,07764
2	0,15527
3	0,23291
4	0,31055
5	0,38819
6	0,46583
7	0,54346
8	0,62110
9	0,69874
10	0,77637

Metros cuadrados.	Pies cuadrados de Castilla.
1	12,88057
2	25,76075
3	38,64115
4	51,52150
5	64,40188
6	77,28225
7	90,16265
8	103,04300
9	115,92338
10	128,80375

Metros cuadrados.	Varas cuadradas de Castilla.	Varas cuadradas de Castilla.	Metros cuadrados.
1	1,43115	1	0,69874
2	2,86230	2	1,39747
3	4,29346	3	2,09621
4	5,72461	4	2,79495
5	7,15577	5	3,49367
6	8,58692	6	4,19242
7	10,01807	7	4,89116
8	11,44923	8	5,58990
9	12,88038	9	6,28864
10	14,31153	10	6,98737

1 metro cuadrado = 12,88 pies cuadrados.
10 metros cuadrados = 128,8 pies cuadrados.
100 metros cuadrados = 1.288 pies cuadrados.
7 metros cuadrados = 10 varas cuadradas próximamente.

MEDIDAS CUBICAS.

Metros cúbicos.	Varas cúbicas.	Varas cúbicas.	Metros cúbicos.
1	1,7121	1	0,584078
2	3,4242	2	1,168156
3	5,1363	3	1,752233
4	6,8484	4	2,336311
5	8,5605	5	2,920389
6	10,2726	6	3,504467
7	11,9847	7	4,088545
8	13,6968	8	4,672622
9	15,4089	9	5,256700
10	17,1210	10	5,840778

Metros cúbicos.	Pies cúbicos.	Pies cúbicos.	Metros cúbicos.
1	46,2266865	1	0,021652
2	92,453373	2	0,043265
3	138,680060	3	0,064897
4	184,906746	4	0,086530
5	231,133432	5	0,108162
6	277,360119	6	0,129795
7	323,586805	7	0,151427
8	369,813492	8	0,175060
9	416,040178	9	0,194692
10	462,266865	10	0,216325

1 metro cúbico = 46,2 pies cúbicos.
7 metros cúbicos = 12. varas cúbicas.

RELACIONES APROXIMADAS DE LAS MEDIDAS DE CASTILLA CON LAS METRICAS.

Para reducir los pies lineales á metros se aumenta un cero y se dividen por 36, ejemplo: ¿540 pies lineales, cuántos metros componen? diremos $\frac{540,0}{36} = 150$.

Para reducir los metros [illegible] á pies se multiplican aquellos por 36 y del resultado *pies* se separa el último número y queda la operacion echa: supongamos¿ 15 metros cuántos pies son? y diremos $15 \times 36 = 540$ se quita el cero y quedan 54 pies que son 15 metros.

Para reducir varas cuadradas á metros se multiplican por 7 y se quita el guarismo último de la derecha del cociente: supongamos $96 \times 7 = 672$ se quita el 2 y vemos que 96 varas equivalen á 67 métros. Para reducir metros cuadrados á varas cuadradas se aumenta un cero y se divide por 7.

Para reducir pies cúbicos á metros cúbicos se dobla la cantidad y se divide por 9 y se separa el último guarismo: supongamos

462 pies cúb. $\times 2 = \frac{924}{9} = 102$ se tacha el 2 y esto nos dice que 462 pies cúbicos equivalen á 10 métros cúb.

Para reducir metros.^{3} á pies^3 se multiplican por 46,2.

NOTA. Como estas relaciones no son mas que aproximadas cuando resulte una fraccion decimal se despreciará.

BETUNES.

5 libras de cal viva. 2 $^1/_2$ libras de polvo de ladrillo. $^1/_2$ libra de limaduras de hierro, $^1/_4$ libra de vidrio molido. 2 libras aceite linaza.	Este betun resiste muy bien á la accion del agua.
5 $^1/_2$ libras cal puverizada. 2 libras polvo de ladrillo tamisado. $^1/_4$ libra vidrio hecho polvo. 2 libras aceite linaza.	La cal, vidrio y ladrillo se mezclan y revuelven muy bien, se meten en mortero ó almires, se hec ah 1 $^1/_2$ libra de aceite, se revuelve y es va echando lo restante del aceite. Debe usarse pronto y secar primero el paraje donde se ha de usar.

CAL HIDRAULICA ARTIFICIAL.

Se pulveriza ladrillo, teja y residuos de las fábricas de porcelana y alfareria; este polvo se amasa con agua, se hacen bollos y estos se calcinan en un horno, se vuelven á pulverizar para mezclarlos con la cal en proporciones convenientes.

FIN.

INDICE.

Pags.

Materias que contiene esta obra. 3
Advertencia. 8
Coincidencia. . . . . id.
Introduccion. 11
Trazado de los caminos. Anteproyecto. 17
Croquis. núm. 1.° 21
Trazado definitivo instrumentos mas apropósito. 26
Nivelacion con nivel de agua, miras de tablilla y en pies castellanos. 30
Modelo núm. 1.° de nivelacion en pies castellanos. . . . 32
Tabla del perfil de la fig. 17. 49
Tabla de correccion de la diferencia del nivel verdadero al aparente. 50
Rectificaciones del nivel de aire. 52
Nivelacion con nivel de aire y escala todo en metros. . . . 59
Tabla de nivelacion en metros. Se refiere á la pág. 9. 66
Brújula. 73
Levantar con la Brújula el plano para un camino. 76
Croquis núm. 5. 78
Plano para un camino. (Tabla) 79
Trasportacion. 84
Trazado de curvas. 91
Anchura de los caminos en general 94
Construir los perfiles sobre el papel. 95
Cálculos de desmontes y terraplenes. 99
Cubicacion de las obras del puente. 105
Cálculos de materiales. 107
Volúmen de los tres arcos. . . . . id.
Presupuesto del puente. 109
Cálculos del firme. 111
Material que entra en el firme. . . . . id.
Presupuesto general. 113
Tabla de pendientes. 115
Modelo núm. 2 de nivelacion y arrumbamiento. 116
Modelo núm. 3 para el plano. 117
Modelo núm. 4 Rumbo, y gr. á derecha ó izquierda. . . . id.

SEGUNDA PARTE.

Esplanacion. 118
Desmontes y terraplenes. 123
Desmontes en general. 128
Desmonte en peña. 130
Taludes superiores. 132
Taludes inferiores 133
Mas sobre esplanacion. . . . . id.
Cunetas. 135
Acontecimientos en los desmontes. 137
Replanteo de los puentes. 138
Muros de sostenimiento. 141
Macizos de piedra con cal. 143
Pretiles. . . . . id:
Cimbra . . . . . id.
Firme. 144
Descripcion y aplicacion del cilindro de Mr. Polonceau. . . 153
Consolidacion del firme. 155
Conservacion de los caminos en general.. 158
Conservacion permanente. . . . . id.
Bacheo. 160
Descantar.. . . . . id.
Desembrozar.. 161
Recrecer. . . . . id.
Limpiar. 162
Remachacar. 163
Recargos. . . . . id.
Firmes que pueden sustituir à los empedrados de poblaciones. 166
Paseos públicos de las poblaciones. 167
Arbolado. Plantacion. 166
Alturas sobre el nivel del mar. 173
Provincia de Madrid.. 174
Albacete. 174
Ciudad-Real. 175
Badajoz. . . . . id.
Andalucía.. . . . . id.
Galicia.. 177
Alturas mas notables que reconocen. 178
Alturas de edificios sobre el terreno. . . . . id,
Guia del viajero en España. 179
Carreteras. . . . . id.
Division territorial.. . . . . id.
Primera y segunda línea. 180
Tercera cuarta y quinta línea. 181

Sesta y séptima linea. 182
Distancia de las poblaciones mas notables del Universo. . . 183
Ferros-carriles construidos en España. . . . . id.
Reglamento del personal subalterno de obras públicas. . . . 184
Reglamento. Capitulo 1.º. 186
Capitulo segundo de los ayudantes. 188
Capitulo tercero de los auxiliares.. 189
Capitulo cuarto de los sobrestantes. 191
Capitulo quinto disposiciones diciplinales. 192
Apuntes curiosos y sistema de medidas. 195
Descripcion del Meridiano terrestre. 196
Sistema métrico. 197
Medidas lineales. 198
Medidas de unidades de superficie. 199
Medidas cúbicas.. 200
Relaciones aproximadas de las medidas. 201
Betunces. 202
Cal hidraulica. . . . . id.
Indice. 203

ERRATAS.

Pág.	*Lín.*	*Dice.*	*Debe decir.*
33	Nota.	Sesta.	esta.
42	Penúltima.	Aatras.	Atras.
id.	id.	Aelante.	Delante.
43	5	Aistancia.	Distancia.
id.	6	Aelante.	Delante.
id.	24	del nivel.	de nivel.
id.	26	del nivel.	de nivel.
46	Penúltima.	15,19.	13,19
47	6	7,01.	6,01
113	Al márgen.	Movimiento de Fábrica.	Movimto. de tierras.
114	9	Carreteras.	Canteras.
118	nota.	travecto.	trayecto.
152	8 y 9	cuario.	cuarzo.
162	24	Osas.	Losas.
175	54	Guadiana.	Guadalmedo.

MAXIMAS.

Los ingresos para obras públicas, se asemejan á los rayos del sol, que absorven la humedad para devolverla al momento en fecundas lluvias.

El dinero empleado en obras públicas, hace cien ó mas veces el oficio de *signo y de pago*.

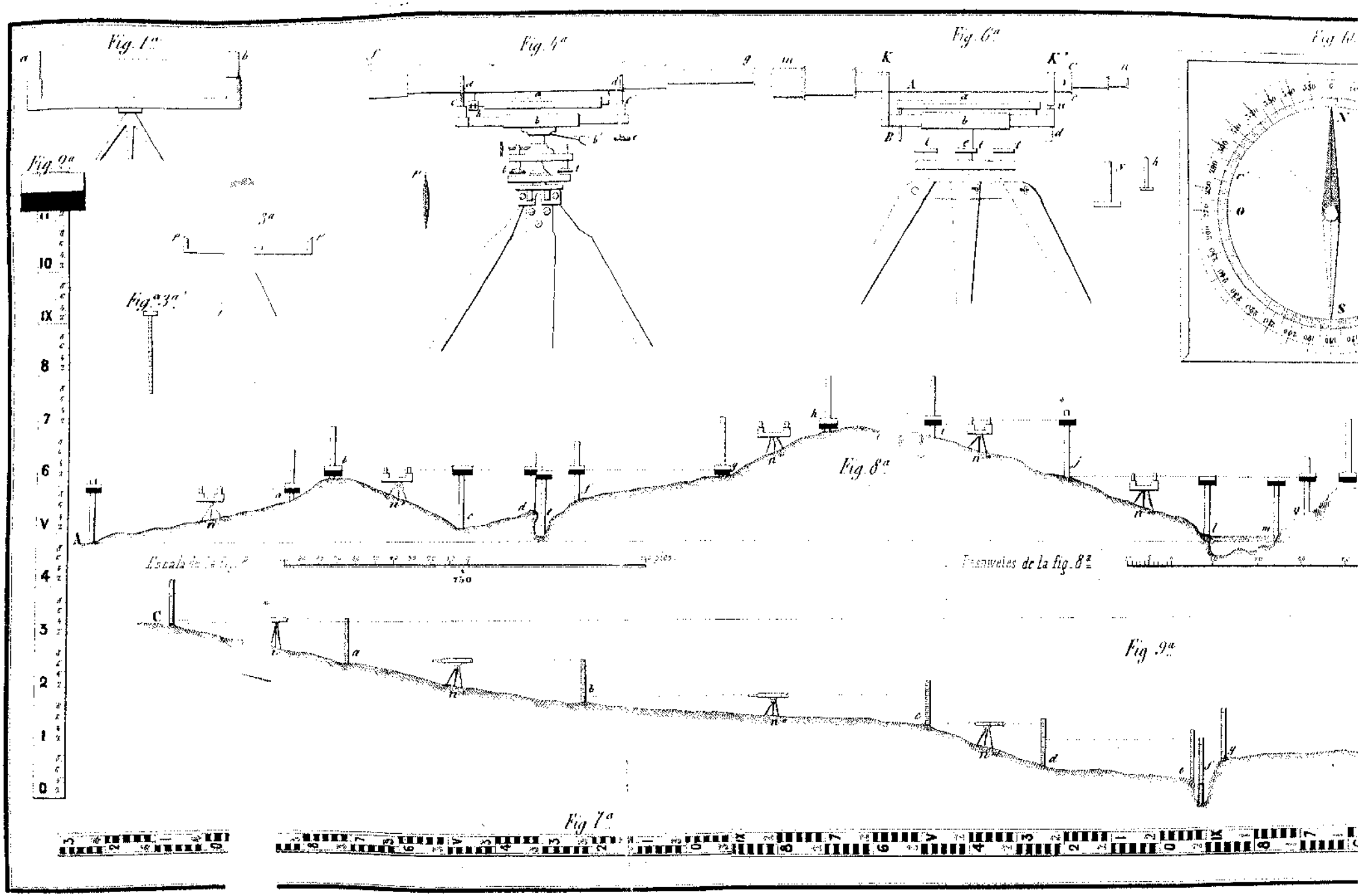


Fig. 1a
Fig. 4a
Fig. 6a
Fig. 6b
Fig. 9a
Fig. 3a
Fig. 3a'
Fig. 8a
Fig. 9a
Fig. 7a
Echelle de la Fig. 8
Echelles de la fig. 8a
750
N
S
O
K
K'
A
B
C

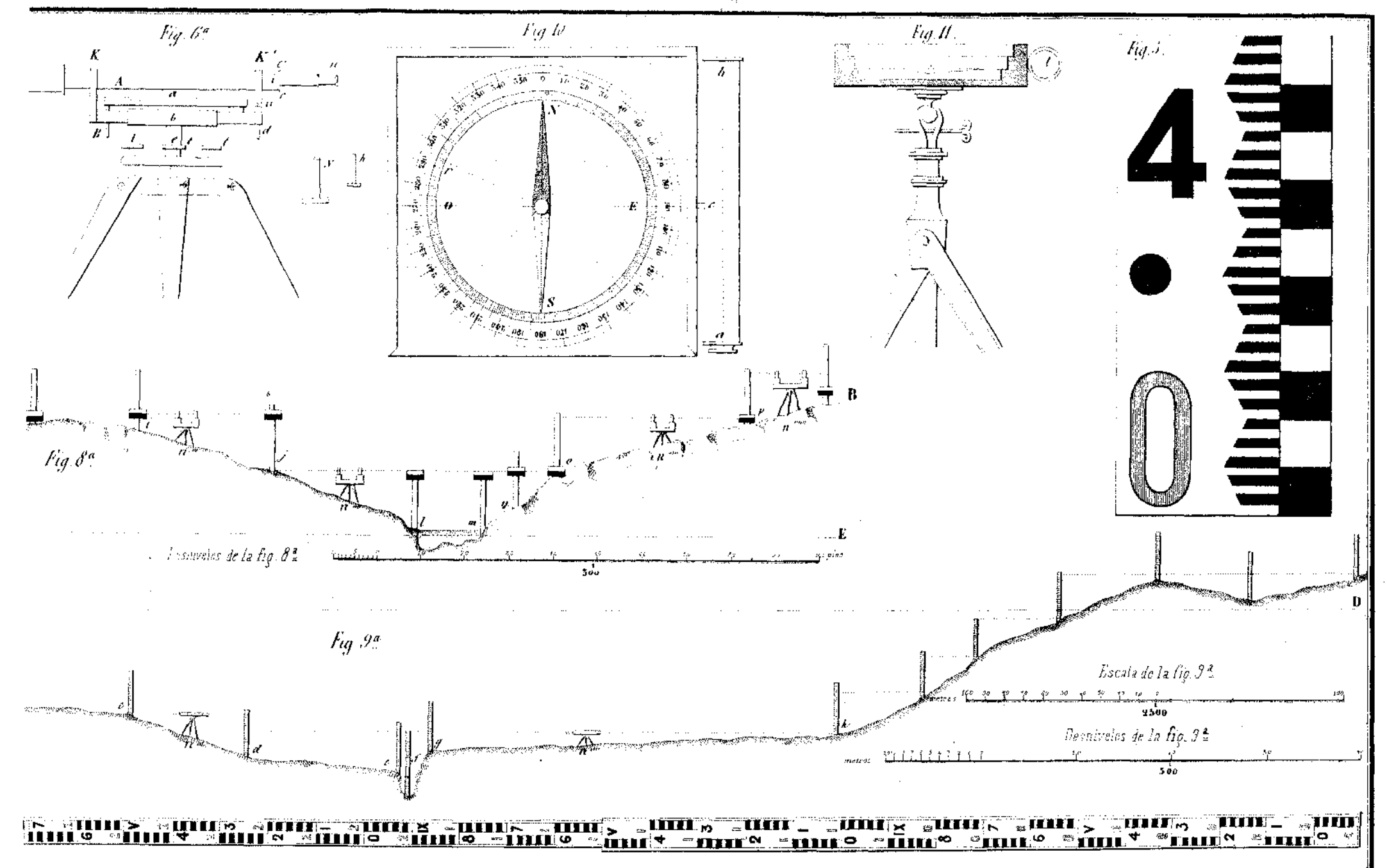


Fig. 6a
Fig. 10
Fig. 11.
Fig. 5.
4
0
Fig. 8a
Desniveles de la fig. 8a
Fig. 9a
Escala de la fig. 9a
Desniveles de la fig. 9a
500
2500

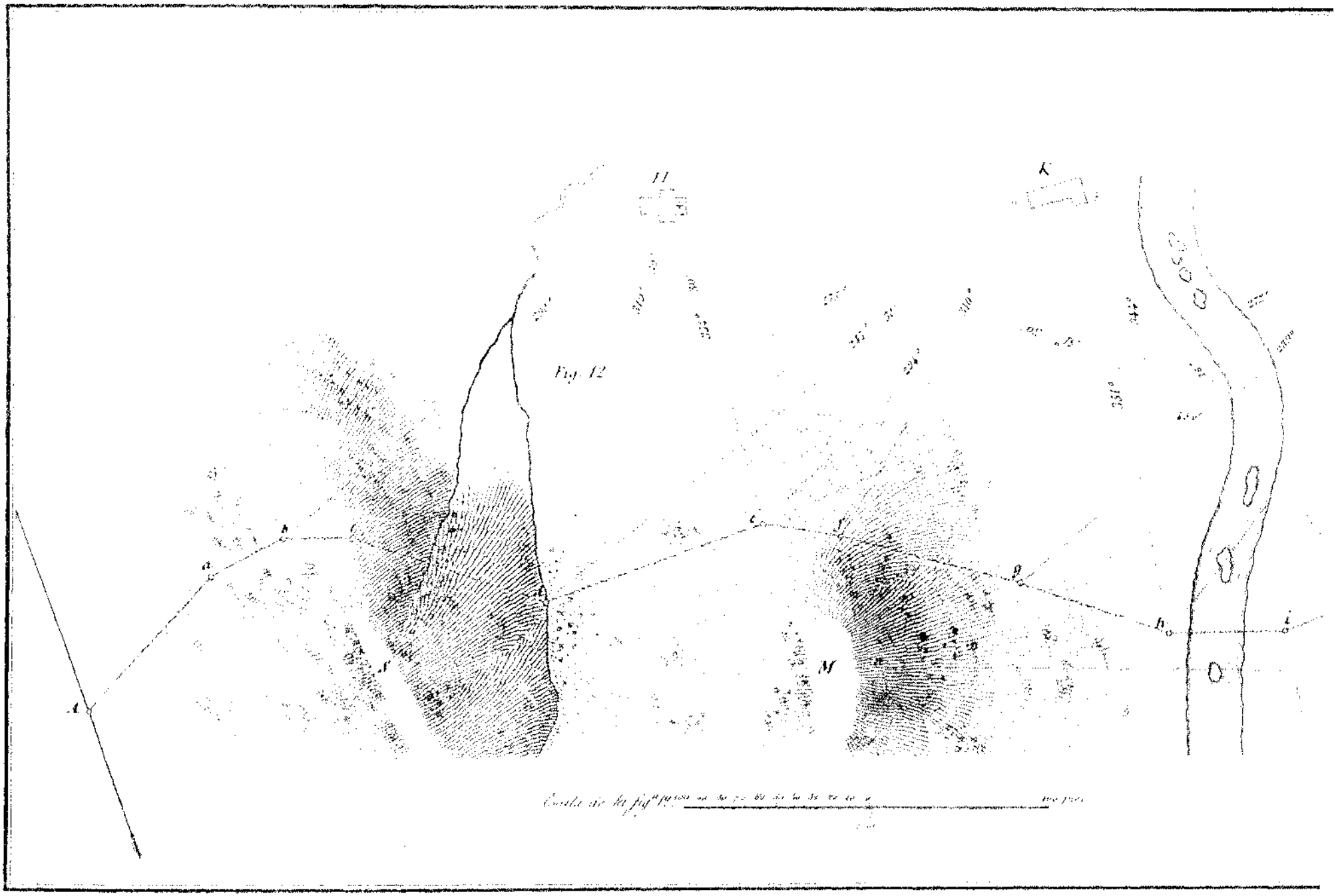


Fig. 12
H
K
M
A
a
b
c
d
e
f
g
h
i

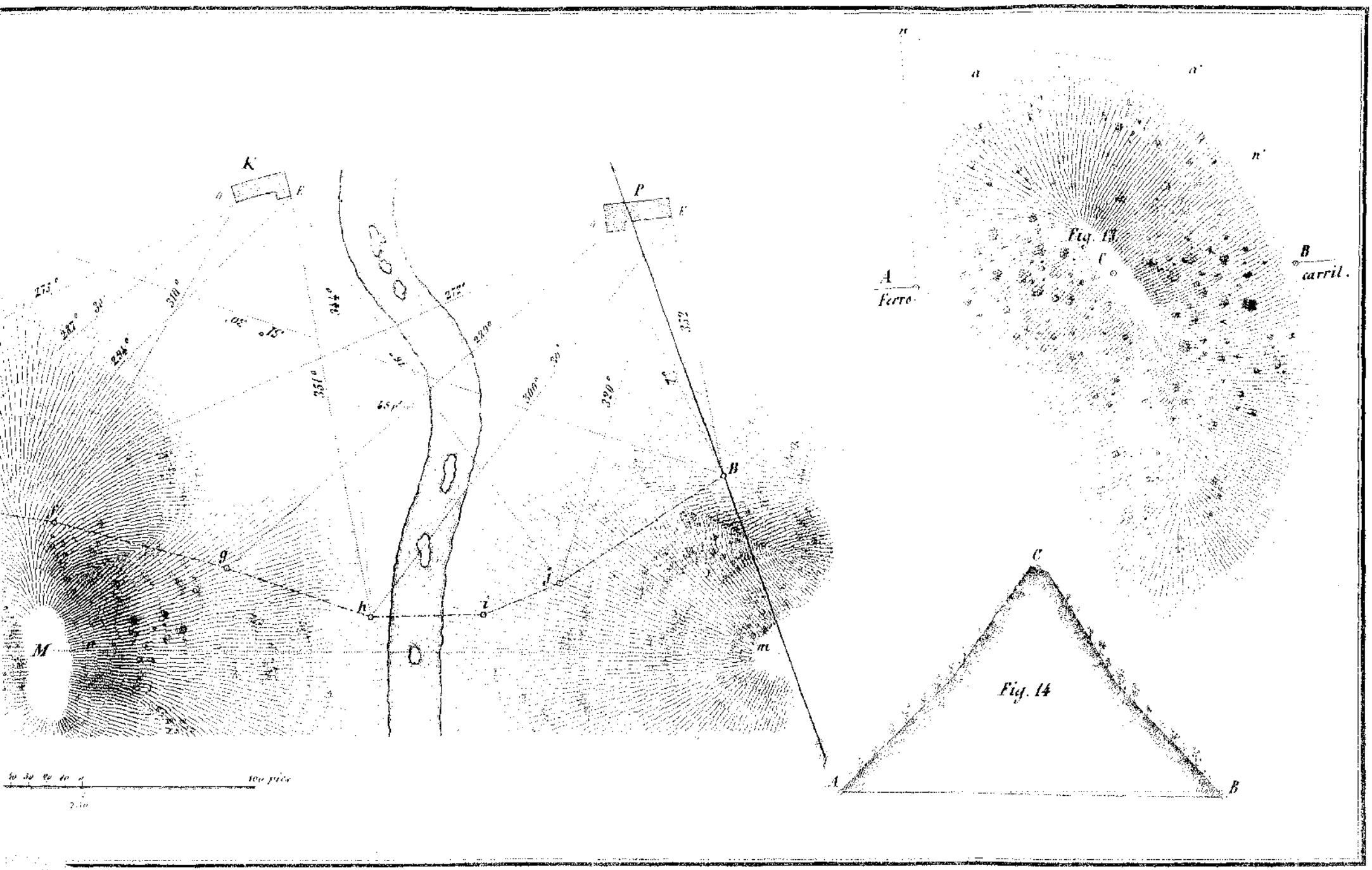

K
P
M
B
A
C
Fig. 13
Fig. 14
A
ferro
B
carril.
100 pies

Fig. 21.

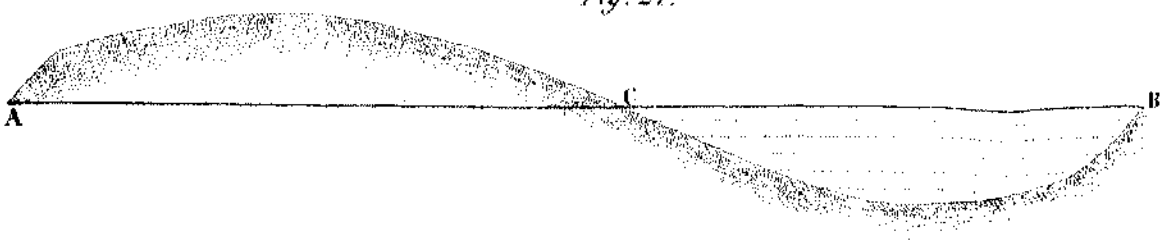


Fig. 22.

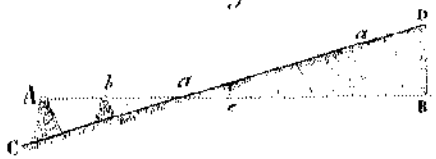


Fig. 25.

Fig. 26.

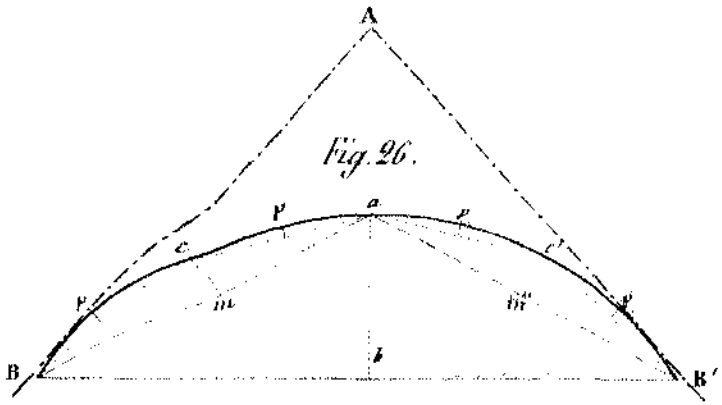


Fig. 33.

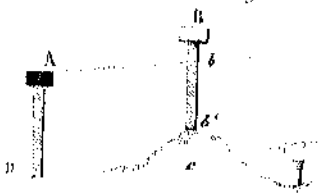


Fig. 27.

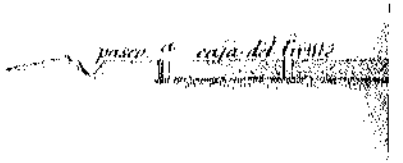


Fig. 28.

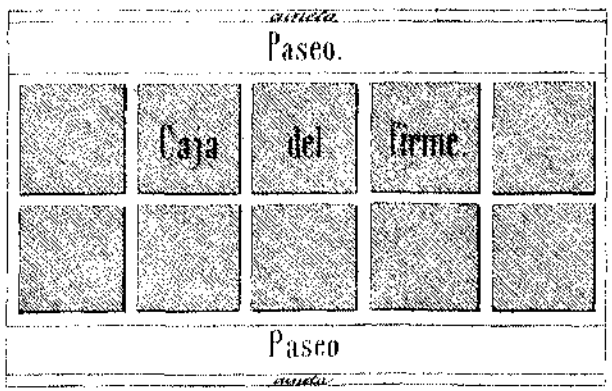


Fig. 29.

Fig. 30.

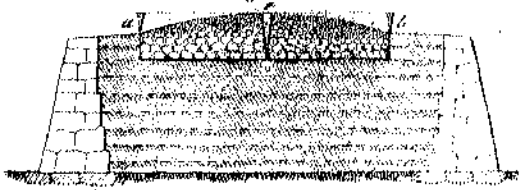
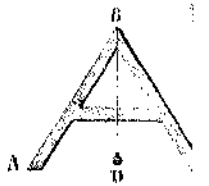


Fig. 35.



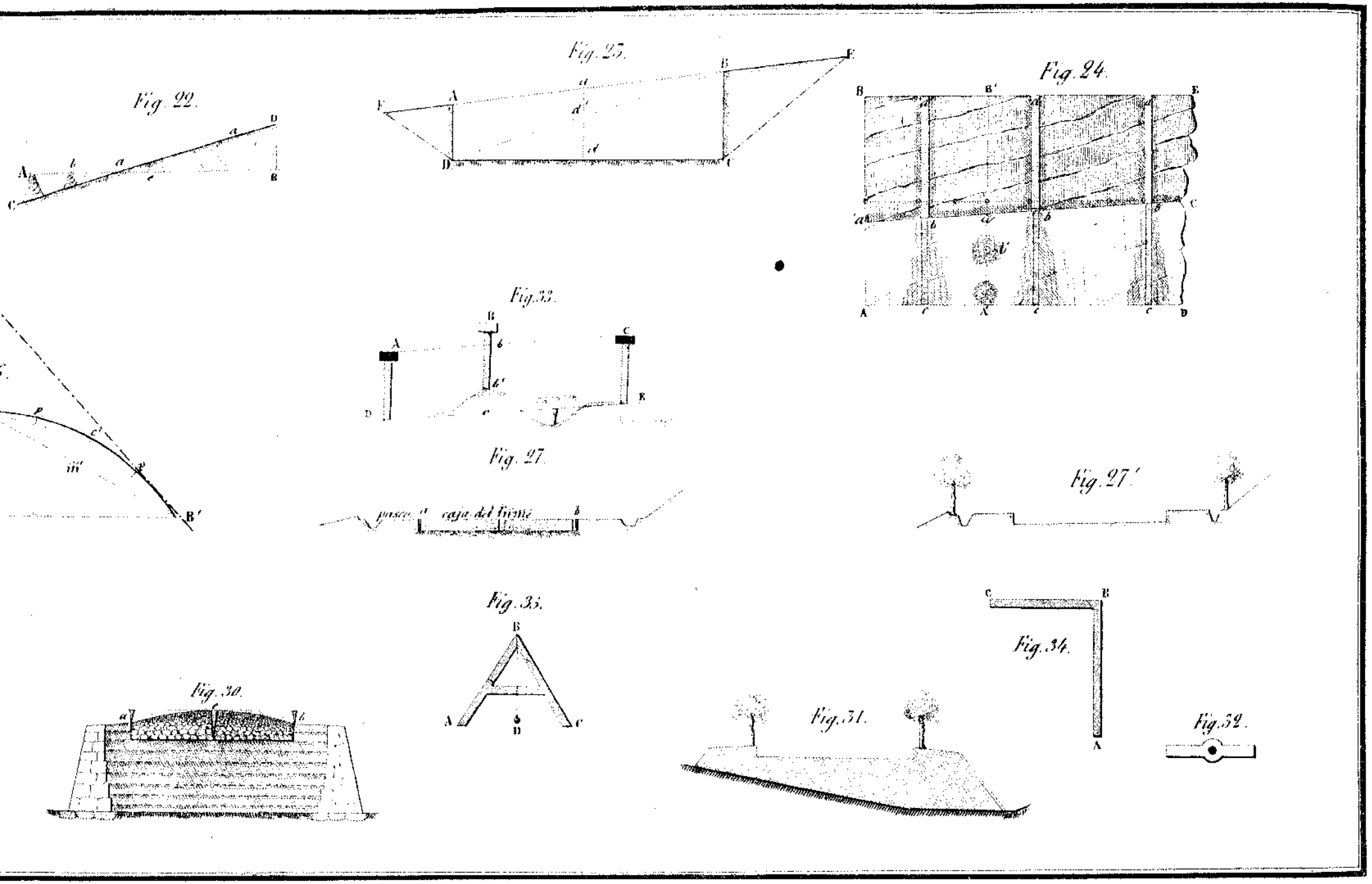


Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 32.
Fig. 27.
Fig. 27'
Fig. 35.
Fig. 34.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.

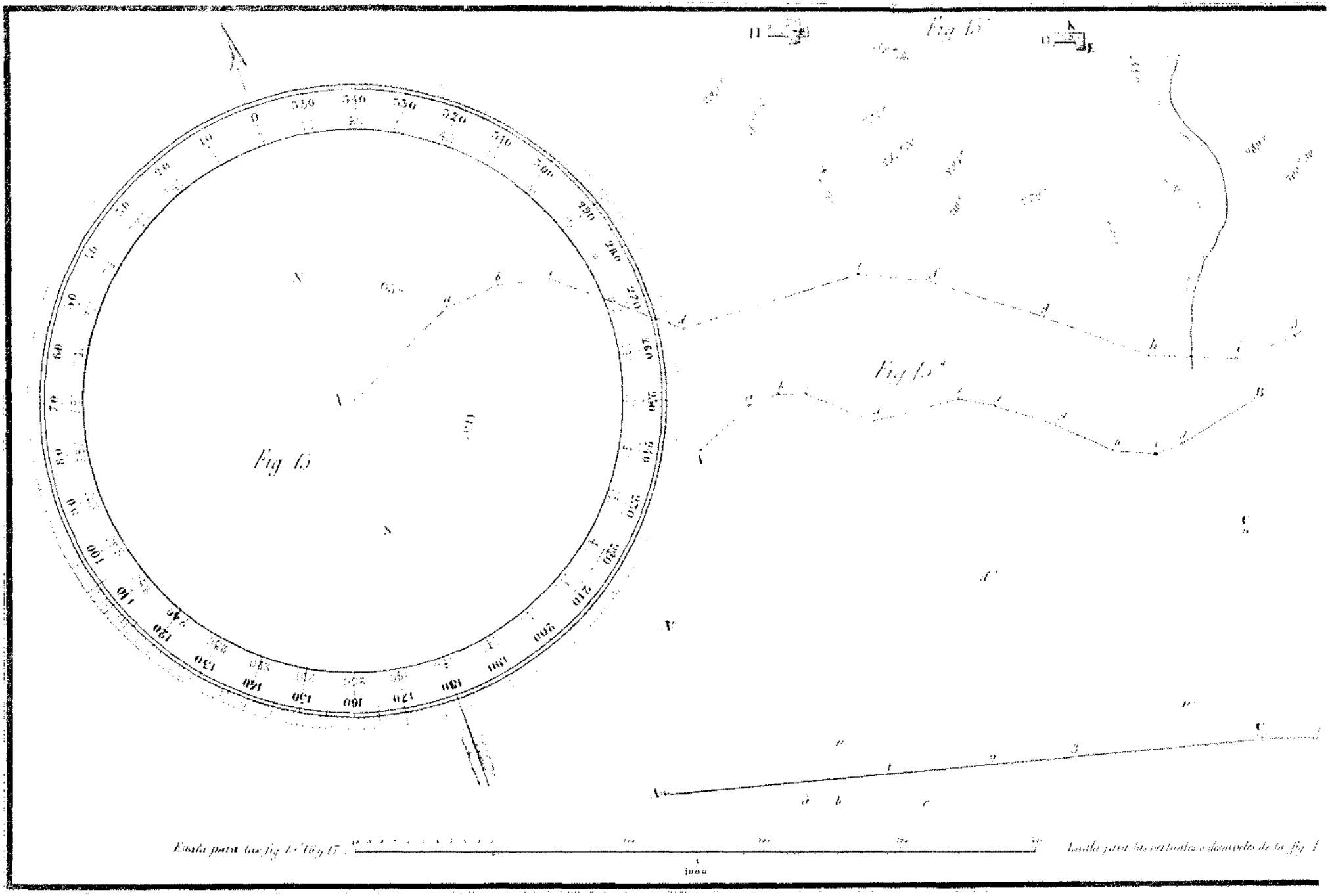


Fig 15
Fig 15'
Fig 15''
Escala para las fig 1 á 14 y 17
Escala para las verticales y diametrales de la fig 1
1/1000

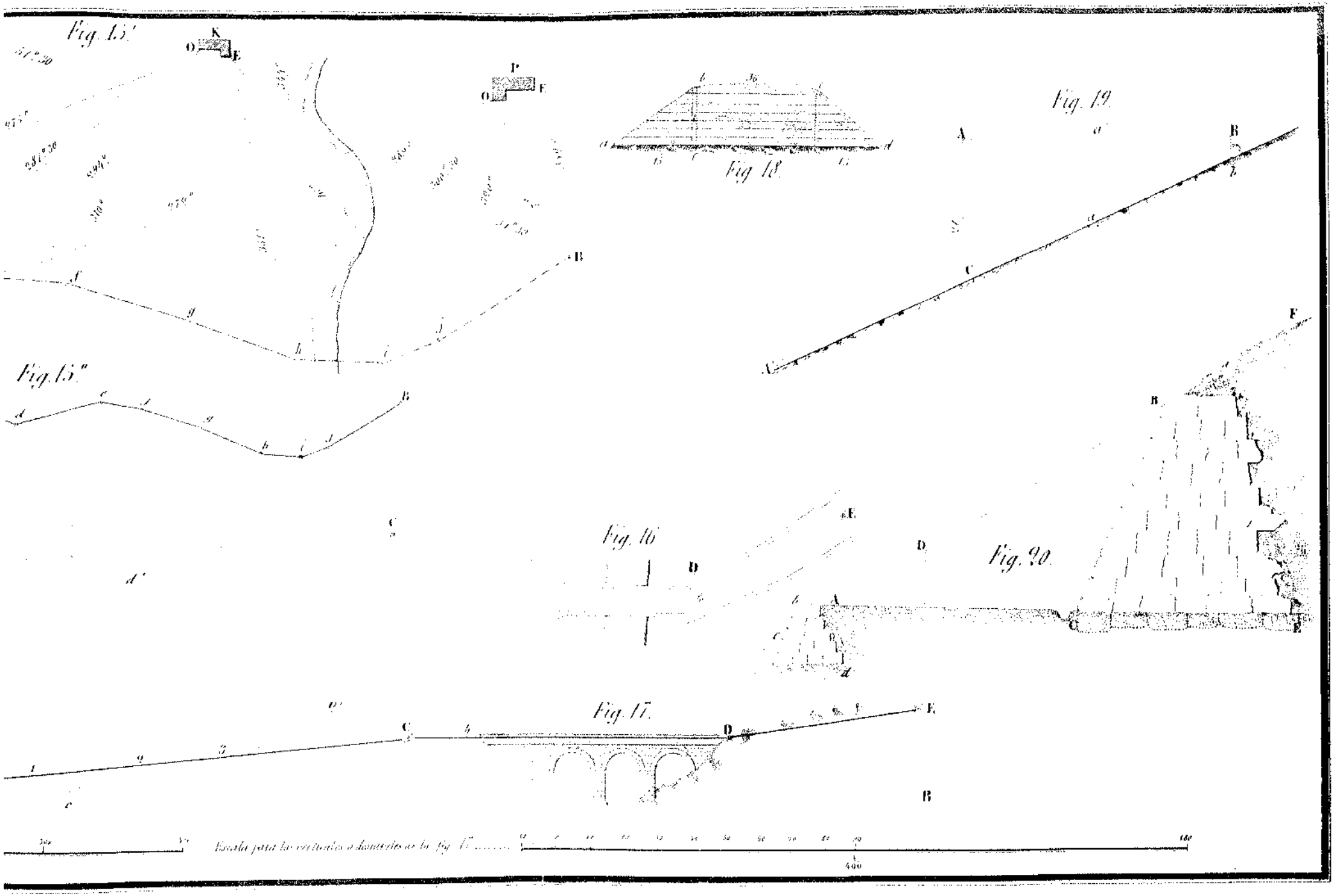


Fig. 15.
Fig. 15.a
Fig. 16
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Escala para las verticales o alturas de la fig. 17
400